



## **TUGAS AKHIR (RC14-1501)**

# **DESAIN MODIFIKASI PERKANTORAN ONE GALAXY DENGAN METODE BETON PRACETAK DAN DENGAN SISTEM *HALF SLAB***

Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Dosen Pembimbing II  
Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D.

Departemen Teknik sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





**TUGAS AKHIR (RC14-1501)**

**DESAIN MODIFIKASI PERKANTORAN ONE  
GALAXY DENGAN METODE BETON PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM *HALF SLAB***

Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

Dosen Pembimbing I :  
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Dosen Pembimbing II :  
Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D.

Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





*Halaman ini sengaja dikosongkan*





**FINAL PROJECT (RC14-1501)**

**DESIGN MODIFICATION ON ONE GALAXY  
OFFICE USING PRECAST METHOD AND HALF  
SLAB SYSTEM**

JUAN HOWARD WIBOWO

NRP. 03111440000062

Academic Supervisor I :

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Academic Supervisor II :

Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D.

Departement of Civil Engineering

Faculty of Civil, Environment and Geology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2018



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**DESAIN MODIFIKASI PERKANTORAN ONE GALAXY**  
**DENGAN METODE BETON PRACETAK DAN DENGAN**  
**SISTEM HALF SLAB**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihuan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Juan Howard Wibowo

Nrp. 03111440000062

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. (.....)

2. Prof. Tawio, S.T., M.T., Ph.D. DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL (.....)

**Surabaya, Juli 2018**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





# **DESAIN MODIFIKASI GEDUNG PERKANTORAN ONE GALAXY DENGAN MENGGUNAKAN METODE PRACETAK DAN SISTEM HALF-SLAB**

**Nama Mahasiswa** : Juan Howard Wibowo  
**Nrp** : 03111440000062  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.  
Prof. Tavio, ST. MT, Ph.D.

## **Abstrak**

*Gedung Perkantoran One Galaxy Surabaya merupakan bangunan 25 lantai dimana 5 lantai dasar dihubungkan dengan pusat perbelanjaan yang berfungsi sebagai pusat perkantoran di Surabaya Timur akan dimodifikasi menjadi sebuah bangunan 25 lantai khusus untuk perkantoran dimana 2 lantai dasar digunakan sebagai lobby gedung perkantoran dan cafeteria, yang akan didesain menggunakan beton bertulang untuk elemen struktur vertikalnya dan beton pracetak pada elemen struktur horizontalnya dengan menggunakan sistem half slab.*

*Pada perencanaan struktur Gedung Perkantoran One Galaxy Surabaya ini didesain menggunakan Sistem Ganda karena gedung terletak di Kategori Seismik E. Rangka utama didesain sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan dinding struktur didesain sebagai Dinding Struktur Beton Khusus*

*Dari Hasil Analisa yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa rangka utama gedung mampu menahan beban lateral arah X dan Y yang masing-masing arah sebesar 33.3 % dan 25.1% sehingga syarat Sistem Ganda terpenuhi. Perencanaan pada half slab didasarkan pada kondisi paling kritis dari 3 fase kondisi (pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit). Digunakan tebal pelat lantai dan atap sebesar 15 cm dengan komposisi 10 cm tebal pelat precast dan 5 cm cor setempat. Dimensi kolom paling besar yang digunakan ialah 110 cm x 110 cm dan ukuran balok paling besar ialah 50 cm x 75 cm.*

*Dalam perencanaan ini harus memenuhi peraturan mengenai bangunan tahan gempa terbaru, antara lain SNI 2847 : 2013, SNI 1726 : 2012, SNI 1727 : 2013, serta aturan lain yang berkaitan dengan bangunan tahan gempa.*

*Tulisan ini akan membahas perancangan struktur Gedung Perakantoran One Galaxy Surabaya sehingga akan menghasilkan perancangan yang berisi spesifikasi dan gambar yang sesuai dengan struktur sesuai dengan persyaratan yang digunakan dalam perancangannya, sehingga menghasilkan struktur yang ekonomis dan efisien.*

***Kata Kunci : Beton Pracetak, Half Slab, Beton Bertulang, Sistem Ganda.***

## ***DESIGN MODIFICATION ON ONE GALAXY OFFICE USING PRECAST METHOD AND HALF SLAB SYSTEM***

**Student Name** : Juan Howard Wibowo  
**NRP** : 03111440000062  
**Department** : Teknik Sipil FTSLK - ITS  
**Supervisor Lecturer** : Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.  
Prof. Tavio, ST. MT, Ph.D.

### **Abstract**

*One Galaxy Surabaya Office Building is a 25-storey building where 5 ground floors are connected to a shopping center that serves as an office center in East Surabaya will be modified into a special 25 storey building for offices where 2 ground floors are used as a lobby of office buildings and cafeteria, which will be designed using reinforced concrete for its vertical structural elements and precast concrete on its horizontal structural elements using a half slab system.*

*In the planning structure of One Galaxy Office Building Surabaya is designed using Double System because the building is located in Category Seimik E. Main Frame is designed as a Special Moment Frame System and wall structure is designed as Special Concrete Structure Wall.*

*From the results of the analysis that has been done, it is found that the main frame of the building is able to withstand the lateral load of X and Y directions, which is 33.3% and 25.1% respectively, so double system requirements are met. Planning at half slab is based on the most critical condition of the 3 phase conditions (lifting, before composite, and after composite). Used 15 cm thick of floor and roof plate with 10 cm thickness of plate precast and 5 cm of local cast. The largest column dimension used is 110 cm x 110 cm and the largest beam size is 50 cm x 75 cm. In this plan must comply with the regulations regarding the latest earthquake resistant buildings, including SNI 2847: 2013,*

*SNI 1726: 2012, SNI 1727: 2013, as well as other rules related to earthquake resistant buildings.*

*This paper will discuss the design of Perakantoran One Galaxy Surabaya Building structure so that it will produce the design that contains the specifications and drawings in accordance with the structure in accordance with the requirements used in the design, resulting in an economical and efficient structure.*

**Keyword :** *Precast Concrete, Half Slab, Reinforcend Concrete, Double System.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Tuhan YME atas anugerah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini membahas “Perencanaan Gedung Perkantoran One Galaxy dengan Menggunakan Metode Pracetak dan sistem *Half-Slab* ”.

Dalam Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan elemen beton pracetak yaitu pelat, balok dan kolom, serta elemen struktur lainnya. Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S., selaku dosen konsultasi Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Tavio, ST. MT, Ph.D. selaku dosen konsultasi Tugas Akhir.
3. Bapak Budi Rahardjo, ST., MT., Selaku Dosen Wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS.
6. Rekan-Rekan S57 yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi laporan ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Juni 2018  
(Penulis)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
Abstrak .....	i
Abstract .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Batasan masalah .....	4
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Umum.....	7
2.2. Struktur Gedung .....	8
2.2.1. Tinjauan Desain Struktur Gedung .....	8
2.2.2. Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan .....	8
2.3. Sistem Struktur .....	10
2.3.1. Daktililitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Nominal 10	
2.3.2. Konsep Strong Column Weak Beam .....	10
2.4. Perbandingan Beton <i>Precast</i> dan Beton Konvensional....	11
2.5. Elemen Struktur Pracetak .....	12

2.5.1. Pelat .....	13
2.5.2. Balok.....	14
2.5.3. Kolom .....	15
2.5.4. Sambungan .....	16
2.6. Metode Half -Slab .....	23
2.6.1. Keuntungan Metode <i>Half-Slab</i> (Romi;Iskandar;Rian, 2016)    24	
2.6.2. Perencanaan Sambungan Precast <i>Half-Slab</i> .....	25
2.7. Perencanaan Pondasi .....	25
2.7.1. Daya Dukung Tanah .....	26
2.7.2. Desain Pondasi.....	26
BAB III METODOLOGI .....	29
3.1. Diagram Alir.....	29
3.2. Data Perencanaan dan Studi Literatur .....	30
3.3. Preliminary Design Bangunan Atas .....	31
3.3.1. Dimensi Plat dan Balok Anak.....	31
3.3.2. Menentukan Tebal Pelat Pracetak dengan metode Half Slab       33	
3.3.3. Dimensi Balok Induk .....	33
3.3.4. Dimensi Kolom.....	33
3.4. Perencanaan Struktur Sekunder.....	34
3.4.1. Perencanaan Tangga .....	34
3.4.2. Perencanaan Balok Anak .....	34
3.4.3. Perencanaan Struktur Atap .....	34
3.5. Pembebanan Struktur Atas .....	35
3.5.1. Beban Statis .....	35



3.5.2. Beban Dinamis.....	36
3.5.3. Kombinasi pembebanan.....	39
3.6. Analisa Struktur Atas .....	39
3.7. Pemodelan Struktur .....	39
3.8. Kontrol Permodelan Struktur .....	39
3.8.1. Kontrol Partisipasi Massa .....	40
3.8.1    Kontrol Skala Gaya .....	40
3.8.2    Kontrol Drift/ Simpangan Antar Lantai.....	40
3.8.3    Kontrol Periode .....	41
3.9. Perencanaan Penulangan Struktur Utama.....	43
3.9.1. Perhitungan Tulangan Lentur Pelat .....	43
3.9.2. Perhitungan Tulangan Geser Pelat.....	43
3.9.3. Perhitungan Tulangan Susut Pelat .....	44
3.9.4. Kontrol Retak Tulangan.....	44
3.10. Penulangan Balok.....	44
3.10.1. Perhitungan Tulangan Lentur .....	45
3.10.2. Perhitungan Tulangan Geser.....	46
3.8.4    Perencanaan Tulangan Kolom.....	47
3.11. Titik Angkat Komponen Pracetak .....	48
3.11.1. Pengangkatan Pelat Pracetak .....	48
3.11.2. Pengangkatan Balok Pracetak.....	50
3.12. Perencanaan Sambungan .....	51
3.12.1. Sambungan Balok – Kolom.....	52
3.12.2. Sambungan Balok dengan Pelat .....	54
3.12.3. Sambungan Balok Induk –Balok Anak.....	54

3.13. Metode Pemasangan Elemen pracetak .....	55
3.13.1. Metode pemasangan Pelat Pracetak.....	55
3.13.2. Metode Pemasangan Balok Induk Pracetak.....	56
3.13.3. Metode Pemasangan Balok Anak Pracetak .....	57
3.14. Perencanaan Basement .....	57
3.15. Perencanaan Bangunan Bawah.....	58
3.8.5 Daya Dukung Tanah.....	58
3.8.6 Tekanan Ijin Pada Tiang.....	59
3.8.7 Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan .....	59
3.8.8 Efisiensi Tiang.....	59
3.8.9 Kontrol Kekuatan Tiang .....	60
3.8.10 Kontrol Geser Ponds pada Poer.....	60
3.16. Perencanaan Basement .....	60
3.17. Penggambaran Hasil Perhitungan.....	61
<b>BAB IV PRELIMINARY .....</b>	<b>63</b>
4.1. Umum.....	63
4.2. Data Perencanaan .....	63
4.3. Pembebanan.....	63
4.4. Perencanaan Dimensi Balok.....	64
4.4.1. Dimensi Balok Induk .....	65
4.4.2. Dimensi Balok Anak.....	66
4.5. Perencanaan Tebal Pelat.....	67
4.5.1. Peraturan perencanaan Pelat .....	67
4.5.2. Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap .....	67
4.6. Perencanaan Dimensi Kolom.....	74

4.7. Perencanaan Tebal Dinding Geser .....	83
<b>BAB V PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR .....</b>	<b>85</b>
5.1. Umum .....	85
5.2. Permodelan Struktur .....	85
5.3. Pembebanan Gravitasi .....	86
5.4. Pembebanan Gempa Dinamis.....	87
5.4.1. Faktor Keutamaan Gempa .....	87
5.4.2. Kelas Situs .....	88
5.4.3. Parameter Respon Spectral .....	88
5.4.4. Parameter Percepatan Spectrum .....	89
5.4.5. Katergori Desain Seismik .....	90
5.4.6. Respon Spektrum Desain.....	90
5.5. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (T) .....	92
5.6. Kontrol Dsar Geser Dasar ( Base Shear) .....	96
5.7. Kontrol Dual System .....	98
5.8. Kontrol Partisipasi Massa.....	99
5.9. Kontrol Drift.....	99
<b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....</b>	<b>105</b>
6.1. Umum .....	105
6.2. Perencanaan Tangga.....	105
6.2.1. Data-Data Perencanaan Tangga Type-1 .....	105
6.2.2. Pembebanan Tangga dan Nordes.....	106
6.2.3. Perhitungan Gaya pada Tangga .....	107
6.2.4. Perhitungan Tulangan Tangga .....	111
6.3. Perencanaan Pelat.....	116

6.3.1. Data Perencanaan Pelat.....	118
6.3.2. Pembebanan Pelat.....	118
6.3.3. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat.....	132
6.3.4. Pengangkatan Pelat.....	133
6.3.5. Kontrol Lendutan Pelat Saat Komposit.....	136
6.3.6. Kontrol Lendutan Pelat saat Pengangkatan.....	140
6.4. Desain lift dan Balok Penggantung Lift.....	144
6.4.1. Data Desain.....	144
6.4.2. Pembebanan Balok Lift.....	147
6.4.3. Kontrol Kuat Momen Lentur.....	147
6.4.4. Kontrol Kuat Geser.....	149
6.4.5. Kontrol Lendutan.....	150
6.5. Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	150
6.5.1. Data Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	150
6.5.2. Pembebanan Balok Anak.....	151
6.5.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak.....	153
6.5.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak.....	170
6.5.5. Pengangkatan Balok Anak.....	181
6.5.6. Kontrol Lendutan Balok Anak saat Komposit....	184
<b>BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....</b>	<b>187</b>
7.1. Umum.....	187
7.2. Perencanaan Balok Induk Pracetak.....	187
7.2.1. Data Perencanaan Balok Induk Pracetak.....	188
7.2.2. Perhitungan Pembebanan Balok Induk.....	189
7.2.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk.....	190

7.2.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk .....	206
7.2.5. Perhitungan Tulangan Torsi.....	211
7.2.6. Pengangkatan Balok Induk .....	213
7.2.7. Kontrol Lendutan Balok Induk saat Komposit ...	216
7.3. Perencanaan Kolom.....	218
7.3.1. Data Perencanaan Kolom .....	219
7.3.2. Kontrol Dimensi Kolom .....	220
7.3.3. Penulangan Longitudinal Kolom.....	221
7.3.4. Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....	221
7.3.5. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor.....	223
7.3.6. Persyaratan Strong Kolom Weak Beam .....	223
7.3.7. Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana ... .....	223
7.3.8. Perhitungan Tulangan Transversal untuk Pengekangan .....	224
7.3.9. Tulangan Transversal untuk Beban Geser .....	227
7.3.10. Kontrol Tulangan Torsi .....	229
7.3.11. Sambungan Lewatan.....	229
7.4. Perencanaan Dinding Geser ( Shear Wall) .....	230
7.4.1. Data Perencanaan.....	231
7.4.2. Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser .....	231
7.4.3. Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser	232
7.4.4. Penulangan Geser Shearwall .....	232
7.4.5. Penulangan Geser ShearWall Arah X.....	232
7.4.6. Kontrol Rasio Tulangan.....	233

7.4.7. Kontrol Spasi Tulangan Vertical dan Horizontal....	233
7.4.8. Kontrol Komponen Batas .....	234
7.4.9. Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall .....	235
<b>BAB VIII PERENCANAAN SAMBUNGAN ELEMEN PRACETAK.....</b>	<b>239</b>
8.1. Umum.....	239
8.2. Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak.....	240
8.3. Perencanaan Sambungan Balok-Kolom .....	244
8.4. Perencanaan Sambungan Balok Induk ke Balok Anak ..	246
8.5. Perencanaan Sambungan Pelat ke Balok.....	249
8.6. Perencanaan Sambungan Tangga-Shearwall.....	250
8.7. Perencanaan Sambungan Balok Induk ke Shearwall.....	252
<b>BAB IX METODE PELAKSANAAN.....</b>	<b>255</b>
9.1. Umum.....	255
9.2. Sistem Struktur .....	255
9.2.1. Metode Horizontal .....	255
9.2.2. Metode dan Peralatan Erection .....	256
9.2.3. Pengangkatan Elemen Pracetak .....	257
9.2.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak .....	259
9.2.5. Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak .....	259
<b>BAB X PERENCANAAN PONDASI.....</b>	<b>261</b>
10.1. Umum .....	261
10.2. Beban Struktur.....	261
10.3. Spesifikasi Tiang Pancang.....	263
10.4. Data Tanah.....	263



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hollow Core Slab .....	13
Gambar 2. 2. <i>Solid Flat Slab</i> .....	13
Gambar 2. 3. Pelat Pracetak Berpenampang <i>Double Tees</i> .....	14
Gambar 2. 4. Balok Penampang Persegi .....	14
Gambar 2. 5. Balok Berpenampang L .....	15
Gambar 2. 6. Balok Bepenampang T terbalik .....	15
Gambar 2. 7 Sambungan daktail <i>cor in-situ</i> . .....	18
Gambar 2. 8.Sambungan daktail dengan menggunakan las .....	19
Gambar 2. 9 Sambungan daktail dengan menggunakan baut.....	19
Gambar 2. 10. Tipe Sambungan Balok-Kolom .....	20
Gambar 2. 11 <i>Hidden Connections</i> untuk Elemen Vertikal Menerus .....	21
Gambar 2. 12. <i>Visible Connections</i> untuk Elemen Vertikal.....	22
Gambar 2. 13 Tipe II (Elemen Vertikal Tidak Menerus) .....	23
Gambar 2. 14. Plat Precast Half-Slab .....	24
Gambar 2. 15. Sambungan Antar <i>Precast Half-Slab</i> .....	25
Gambar 2. 16.Pondasi Tiang Pancang.....	26
 Gambar 3. 1 Perhitungan Simpangan Tiap Lantai .....	41
Gambar 3. 2 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat) .....	49
Gambar 3. 3 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat) .....	49
Gambar 3. 4 Pengangkatan Balok Pracetak.....	50
Gambar 3. 5 Pembebanan Pada Balok Pracetak saat Pengangkatan .....	50
Gambar 3. 6 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok/kolom .....	51
Gambar 3. 7 Detail Penulangan Balok-Kolom.....	53
Gambar 3. 8. Parameter geometri konsol pendek.....	53
Gambar 3. 9Sambungan Balok dengan Pelat .....	54

Gambar 3. 10 Sambungan balok induk dengan balok anak.....	55
Gambar 4. 1 Balok Disekeliling pelat S04 .....	68
Gambar 4. 2 Balok Disekeliling pelat S01 .....	72
Gambar 4. 3 Luasan beban yang ditanggung kolom .....	74
Gambar 5. 1 Permodelan Struktur Pada ETABS.....	85
Gambar 5. 2 Peta untuk menentukan (1) periodae pendek 0.2 detik ( $S_s$ ) (2) periode 1 detik ( $S_1$ ).....	89
Gambar 5. 3 Grafik Respon Spektrum Desain .....	92
Gambar 6. 1 Denah Tangga.....	106
Gambar 6. 2 Potongan A-A tangga .....	106
Gambar 6. 3 Permodelan Struktur Tangga .....	108
Gambar 6. 4 Gaya Normal Tangga.....	110
Gambar 6. 5 Gaya Lintang Tangga .....	110
Gambar 6. 6 Gaya Dalam pada Tanggaaaa .....	111
Gambar 6. 7 Pelat Lantai Type 1 .....	118
Gambar 6. 8 Momen Pengangkatan .....	130
Gambar 6. 9 Jarak Tulangan Angkat.....	133
Gambar 6. 10 Profil PSA dan Perkuatan .....	136
Gambar 6. 11 Kait Jenka Lifter .....	136
Gambar 6. 12 Defleksi pada Pelat .....	137
Gambar 6. 13. Defleksi pada Pelat .....	139
Gambar 6. 14 Defleksi pada Pelat .....	142
Gambar 6. 15 Denah Lift.....	145
Gambar 6. 16 Potongan Lift.....	146
Gambar 6. 17 Sketsa Pembebanan Balok Lift .....	147
Gambar 6. 18 Posisi $M_a$ , $M_b$ , dan $M_c$ .....	149
Gambar 6. 19 Denah Balok Anak.....	151
Gambar 6. 20 Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit .....	152

Gambar 6. 21 Pengangkatan Balok .....	167
Gambar 6. 22 Desain Tumpuan Balok Anak ke Balok Induk Sebelum Komposit .....	173
Gambar 6. 23 Desain Tumpuan Balok Anak ke Balok Induk Setelah Komposit.....	177
Gambar 6. 24 Titik Angkat Balok Anak.....	181
Gambar 6. 25 Profil PSA dan Perkuatan .....	184
Gambar 6. 26 Kait Jenka Lifter .....	184
 Gambar 7. 1 Denah Balok Induk Pracetak .....	188
Gambar 7. 2 Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit .....	189
Gambar 7. 3 Pengangkatan Balok .....	202
Gambar 7. 4 Titik Angkat Balok Induk.....	214
Gambar 7. 5 Profil PSA dan Perkuatan .....	216
Gambar 7. 6 Kait <i>Jenka Lifter</i> .....	216
Gambar 7.7 Denah Kolom.....	219
Gambar 7. 8 Output Program Bantu SPColumn.....	221
Gambar 7. 9 Output Sp Column- setelah Mpr.....	224
Gambar 7. 10 Mprc. atas dan Mprc. bawah.....	227
Gambar 7. 11 Diagram Interaksi ShearWall arah Y .....	236
Gambar 7. 12 Penulangan Shear Wall arah X terpanjang .....	237
Gambar 7. 13 Penulangan Shear Wall Arah Y terpanjang .....	238
 Gambar 8. 1 Geometrik konsol pendek .....	240
Gambar 8. 2 Penulangan konsol pendek .....	243
Gambar 8. 3 Sketsa Sambungan Balok Induk ke Balok Anak ..	247
 Gambar 9. 1 Metode Perencanaan Erection Arah Horizontal .....	256
Gambar 9. 2 Dua Titik Angkat pada Pelat Pracetak .....	258
Gambar 9. 3 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak .....	258
Gambar 9. 4 Pengangkatan Pada Elemen Balok .....	259

Gambar 10. 1 Grafik Daya Dukung Tanah.....	267
Gambar 10. 2 Tiang Grup Tipe 1 .....	269
Gambar 10. 3 Tiang Grup Tipe 2 .....	269
Gambar 10. 4 Defleksi akibat gaya lateral tiang .....	272
Gambar 10. 5 Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X) .....	277
Gambar 10. 6 Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y) .....	279
Gambar 10. 7 Output spColoumn untuk balok sloof.....	284

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Beton <i>Precast</i> dan Beton Konvensional .....	11
Tabel 3. 1 Beban Mati pada Struktur.....	35
Tabel 3. 2 Simpangan ijin struktur .....	41
Tabel 3. 3 Koefisien Cu.....	42
Tabel 3. 4 Koefisien Ct dan $x$ .....	42
Tabel 4. 1 Tabel Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	66
Tabel 4. 2 Tabel Rekapitulasi Dimensi Balok Anak .....	67
Tabel 4. 3 Rekapitulasi tebal pre-liminary pelat.....	73
Tabel 4. 4 Kolom atap sampai lantai 23 .....	76
Tabel 4. 5 Kolom yang digunakan lantai atap sampai lantai 23..	76
Tabel 4. 6 Kolom lantai 23-18.....	77
Tabel 4. 7 Kolom yang digunakan lantai 23-18 .....	77
Tabel 4. 8 Kolom lantai 13-18.....	78
Tabel 4. 9 Kolom digunakan lantai 13-18 .....	79
Tabel 4. 10 Kolom lantai 8-13.....	79
Tabel 4. 11 Kolom digunakan lantai 8-13 .....	80
Tabel 4. 12 Kolom lantai 3-8.....	80
Tabel 4. 13 Kolom yang digunakan lantai 3-8 .....	81
Tabel 4. 14 Kolom Lantai Basement -3.....	82
Tabel 5. 1 Rekap Pembebanan Gravitasi.....	86
Tabel 5. 2 Pembebanan Gravitasi ETABS .....	87
Tabel 5. 3 Kategori Resiko Gempa .....	88
Tabel 5. 4 Respon Spektrum Desain .....	91
Tabel 5. 5 Koefisien Batas Periode Gedung.....	92
Tabel 5. 6 Modal Periode dan Frekuensi .....	93
Tabel 5. 7 Dimensi Kolom Revisi .....	94
Tabel 5. 8 Dimensi Balok Revisi.....	94
Tabel 5. 9 Modal Periode dan Frekuensi Revisi.....	95

Tabel 5. 10 Beban Struktur Setelah Revisi Dimensi .....	96
Tabel 5. 11 Berat Efektif Struktur .....	97
Tabel 5. 12 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y .....	98
Tabel 5. 13 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang dipikul akibat Gempa Arah X dan Y .....	99
Tabel 5. 14 Modal Partisipasi Massa.....	99
Tabel 5. 15 Batas Simpangan Gedung.....	100
Tabel 5. 16 Gempa Arah X.....	101
Tabel 5. 17 Gempa Arah Y.....	102
Gambar 6. 1 Denah Tangga.....	106
Gambar 6. 2 Potongan A-A tangga .....	106
Gambar 6. 3 Permodelan Struktur Tangga .....	108
Gambar 6. 4 Gaya Normal Tangga.....	110
Gambar 6. 5 Gaya Lintang Tangga .....	110
Gambar 6. 6 Gaya Dalam pada Tanggaaaa .....	111
Gambar 6. 7 Pelat Lantai Type 1 .....	118
Gambar 6. 8 Momen Pengangkatan .....	130
Gambar 6. 9 Jarak Tulangan Angkat .....	133
Gambar 6. 10 Profil PSA dan Perkuatan .....	136
Gambar 6. 11 Kait Jenka Lifter .....	136
Gambar 6. 12 Defleksi pada Pelat .....	137
Gambar 6. 13. Defleksi pada Pelat .....	139
Gambar 6. 14 Defleksi pada Pelat .....	142
Gambar 6. 15 Denah Lift.....	145
Gambar 6. 16 Potongan Lift.....	146
Gambar 6. 17 Sketsa Pembebanan Balok Lift .....	147
Gambar 6. 18 Posisi $M_a$ , $M_b$ , dan $M_c$ .....	149
Gambar 6. 19 Denah Balok Anak.....	151
Gambar 6. 20 Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit .....	152
Gambar 6. 21 Pengangkatan Balok .....	167

Gambar 6. 22 Desain Tumpuan Balok Anak ke Balok Induk Sebelum Komposit .....	173
Gambar 6. 23 Desain Tumpuan Balok Anak ke Balok Induk Setelah Komposit.....	177
Gambar 6. 24 Titik Angkat Balok Anak.....	181
Gambar 6. 25 Profil PSA dan Perkuatan .....	184
Gambar 6. 26 Kait Jenka Lifter .....	184
Tabel 7. 1 Perhitungan Mpr B1 .....	206
Tabel 7. 2 Faktor Lendutan Jangka Panjang.....	217
Tabel 7. 3 Lendutan Izin Maksimum.....	217
Tabel 7. 4 Tabel Rekapitulasi Balok Induk Induk Pracetak .....	218
Tabel 7. 5 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom .....	220
Tabel 7. 6 Rekapitulasi Penulangan Lentur.....	222
Tabel 7. 7 Rekapitulasi Perhitungan Spasi Tulangan Kolom....	222
Tabel 7. 8 Rekapitulasi Spasi Maksimum Hoop .....	225
Tabel 7. 9 Rekapitulasi Spasi Tulangan Confinement .....	226
Tabel 7. 10 Rekapitulasi Tulangan Transversal .....	226
Tabel 7. 11 Rekapitulasi Panjang Lewatan .....	230
Tabel 7. 12 Rekapitulasi Penulangan <i>Shear Wall</i> .....	237
Tabel 8. 1 Rekapitulasi konsol pendek.....	243
Tabel 10. 1 Beban Aksial Kolom .....	262
Tabel 10. 2 Beban Aksial <i>Shearwall</i> .....	262
Tabel 10. 3 Daya Dukung Tanah.....	266
Tabel 10. 4 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1.	270
Tabel 10. 5 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 2.	270
Tabel 10. 6 Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Sebagai Group Tipe 1.....	271
Tabel 10. 7 Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Sebagai Group Tipe 2.....	271

Tabel 10. 8 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral .....	274
Tabel 10. 9 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral .....	274
Tabel 10. 10 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement.....	289
Tabel 11. 11 Dimensi Struktur Sekunder .....	291
Tabel 11. 12 Dimensi Struktur Primer.....	292



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Permasalahan**

Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur, sebagai ibu kota Provinsi Jawa Timur, Surabaya menjadi pusat kegiatan bisnis dan perbankan di Jawa Timur. Provinsi Jawa Timur memiliki tingkat pertumbuhan ekonomi sebesar 5.61% pada kuartal ketiga tahun 2016 atau naik 3.84 % dibandingkan triwulan sebelumnya atau rata-rata selama tiga triwulan tahun 2016 sebesar 5.17 % (BPS, 2016). Hal ini menunjukkan makin Meningkatnya kegiatan perekonomian di Jawa Timur berupa aktivitas transaksi jual beli jasa maupun barang. Aktivitas Transaksi jual beli tentu saja memerlukan ruangan/*space* sebagai fasilitas yang menunjang kegiatan ekonomi tersebut. Oleh karena itu keberadaan kantor di Surabaya, yang merupakan pusat kegiatan bisnis di Jawa Timur amatlah dibutuhkan. Akan tetapi, minimnya lahan yang tersedia untuk dijadikan kantor/ruangan dapat berdampak pada usaha kecil maupun usaha kreatif yang membutuhkan ruangan/*space* yang layak untuk dijadikan tempat administrasi maupun tempat untuk mengelola bisnisnya.

Minimnya lahan yang tersedia untuk perkantoran dikarenakan lahan yang ada memiliki kecenderungan untuk digunakan sebagai tempat tinggal seperti apartemen maupun rumah. Oleh karena tingginya kebutuhan akan ruang untuk perkantoran di Surabaya, maka Pembangunan gedung perkantoran di Surabaya sangat diperlukan dan memiliki urgensi untuk dibangun guna memacu para pebisnis dan pengusaha untuk mengembangkan usahannya yang dapat berdampak pada pertumbuhan ekonomi Surabaya maupun Jawa Timur. *Associate Director Research Colliers International Indonesia*, Ferry Salanto, mengemukakan, Surabaya memperlihatkan pertumbuhan cukup tinggi terutama di subsektor perkantoran. Semua wilayah, kecuali Surabaya

utara, yakni pusat, barat, selatan, dan timur, berkembang pesat bahkan jika pada 2014, jumlah perkantoran secara kumulatif seluas 291.262 meter persegi, maka dalam kurun tiga tahun mendatang yakni 2015-2018 akan bertambah menjadi 800.000 meter persegi. Jumlah ini berasal dari 19 gedung (kompas, 2014).

Berdasarkan data di atas, kebutuhan yang tinggi akan bangunan perkantoran yang tidak diimbangi dengan jumlah gedung perkantoran yang dibangun, maka pembangunan gedung perkantoran secara cepat diperlukan. Salah satu cara untuk mempercepat pembangunan gedung bertingkat ialah dengan menggunakan elemen struktur precast. Pembangunan Gedung bertingkat dengan menggunakan precast sebagai bahan material konstruksinya dapat menjadikan pengerjaannya lebih efisien. Pada sistem pracetak, seluruh komponen bangunan dapat difabrikasi lalu dipasang di lapangan. Proses pembuatan komponen dapat dilakukan dengan kontrol kualitas yang baik. Dalam mendesain suatu sistem struktur beton pracetak, terdapat syarat kekuatan yang harus dipenuhi berdasarkan peraturan yang terkait. Berbagai sistem struktur beton pracetak yang telah dikembangkan oleh berbagai perusahaan maupun instansi pemerintah di Indonesia untuk bangunan gedung berupa sistem join balok-kolom dan dinding geser. Dalam proses konstruksi yang menggunakan beton pracetak, biasanya pembuatan komponen beton berupa balok, kolom, dan pelat beton pracetak dilakukan di suatu tempat yang berada di dekat lokasi pembangunan gedung. Setelah cukup umur, komponen tersebut dipasang, kemudian sambungan antar komponen di grout dengan beton mutu tinggi(Nurjannah,2011). Di Indonesia, hingga saat ini, telah banyak aplikasi teknologi beton pracetak pada banyak jenis konstruksi dengan didukung oleh sekitar 16 perusahaan spesialis beton pracetak, atau lebih dikenal dengan sebutan precaster (Sijabat dan Nurjaman, 2007).

Pada tugas akhir ini saya merencanakan Gedung Perkantoran One Galaxy di kota Surabaya untuk dibangun

dengan menggunakan metode precast di balok dan pelat dengan metode Half Slab. Pada Gedung perkantoran one galaxy akan ditopang oleh kolom dengan cor setempat/in situ, namun menggunakan balok precast serta sistem plat Half Slab. Metode *half-slab* yaitu merupakan gabungan dari plat pracetak dan cast in situ. Penggunaan metode half Slab dapat menjadikan efisiensi biaya kerja menjadi 18.80% (Mahadi Kurniawan,,2016). Metode ini merupakan penggabungan metode beton pracetak dengan metode konvensional dimana bagian bawah dari pelat menggunakan beton pracetak dan ditutup menggunakan beton konvensional sebagai topping. Dari cara pelaksanaannya, keuntungan lain dari metode ini adalah beton pracetak yang letaknya di bawah, juga berperan sebagai bekisting untuk pengecoran topping pelat beton konvensional sehingga mengurangi penggunaan kayu sebagai bekisting. Topping pada metode ini berfungsi sebagai diafragma penyangga antar pelat satu dengan pelat lainnya, sehingga beban dapat dipikul oleh pelat secara merata, dengan metode ini, pelat lebih kedap air dan kedap suara.

Berdasarkan hasil analisa dapat disimpulkan Pengaplikasian metode pelaksanaan plat precast half slab yang digunakan pada proyek ini tentu dirasa lebih efisien bila dibandingkan dengan menggunakan metode pelaksanaan plat konvensional(Dwi Candra, 2013). Pada tugas akhir ini digunakan rancangan sistem sambungan dengan menggunakan metode sambungan basah. Tipe sambungan basah sangat baik untuk mengurangi penambahan tegangan akibat rangkai, susut, dan perubahan temperature Sambungan basah sangat dianjurkan untuk daerah rawan gempa Karena dapat menjadikan masing- masing komponen menjadi monolit sehingga dibandingkan sambungan kering, sambungan basah lebih baik untuk daerah rawan gempa

(Rudi; dkk, 2014). Perencanaan pada tugas akhir ini mengacu pada aturan terbaru,yaitu ACI 318-14M yang kedepannya akan menjadi acuan untuk SNI 2017 yang akan dikeluarkan pada tahun 2017, dimana masih belum digunakan dikalangan

konstruksi sehingga akan memberikan referensi untuk para perencana kedepannya yang sudah seharusnya merencanakan menggunakan SNI 2017 yang mengacu pada ACI 318-14M

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana preliminary design dari elemen struktur ?
2. Bagaimana menentukan beban-beban yang akan terjadi ?
3. Bagaimana menghitung kekuatan struktur ?
4. Bagaimana cara mendesain pelat dengan metode *half-slab* ?
5. Bagaimana menentukan sambungan balok kolom dan pendetailannya ?
6. Bagaimana meuangkan hasil perhitungan kedalam gambar ?
7. Bagaimana cara mendesain basement untuk gedung ?
8. Bagaimana Merencanakan pondasi sesuai dengan keadaan tanahnya ?

### 1.3. Batasan masalah

Batasan masalah struktur yang direncanakan pada tugas akhir ini adalah :

<b>Komponen</b>	<b>Metode</b>
Kolom	Cor di tempat
Balok	Beton Pracetak
Pelat	<i>Half-slab</i>
Tangga	Cor ditempat
<i>Shearwall</i>	Cor ditempat

Dalam perencanaan gedung bertingkat dengan metode pracetak, sesungguhnya banyak hal yang secara teknis harus dipertimbangkan. Pada tugas akhir ini, permasalahan dibatasi :

1. Tidak Meninjau segi Arsitektur serta tidak melakukan analisa biaya pada pelaksanaan konstruksi beton pracetak.
2. Tidak meninjau masalah perubahan volume akibat perubahan temperature, creep dan shrinkage oleh beton.
3. Hanya merencanakan 25 Lantai + 1 basement.
4. Menggunakan sambungan basah.
5. Perancangan ini tidak memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan saluran pembuang, sistem air bersih, instalasi atau jaringan listrik dan finishing.
6. Tidak Meninjau pembuatan elemen struktur precast.
7. Tidak melakukan perhitungan dinding penahan tanah basement.

#### **1.4. Tujuan**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat beberapa masalah yang dibahas:

1. Merencanakan dimensi dari beton pracetak untuk mendapatkan imensi yang efisien.
2. Merencanakan struktur bangunan yang mampu menahan beban gravitasi dan beban lateral.
3. Menghitung kekuatan struktur .
4. Mendesain pelat dengan cara half slab
5. Merencanakan detail sambungan pada komponen pracetak
6. Menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.
7. Merencanakan basement sesuai dengan kondisi bangunan dan tanah yang ditentukan.
8. Merencanakan pondasi sesuai dengan keadaan tanah

### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari proyek tugas akhir ini adalah :

- Menjadi referensi bagi perencana konstruksi beton precast dengan merujuk pada ACI 318-14M.
- Menjadi acuan untuk perencanaan gedung bertingkat dengan material konstruksi beton precast.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Beton pracetak adalah salah satu inovasi yang kini banyak digunakan dalam proses konstruksi seperti gedung dan jembatan, hal ini karena beton pracetak dapat mempercepat waktu pengerjaan, menghemat biaya pengeluaran, dan meminimalisir terjadi-nya (waste) untuk pekerjaan bekisting dan perancah. Waste/sisa material konstruksi harus sebisa mungkin dikurangi atau bahkan dihilangkan dalam setiap pekerjaannya guna mengurangi kerugian (Azis Mudzakir dkk,2015). Menurut SNI, Beton pracetak bisa didefinisikan sebagai elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan (SNI 7833 2012 : 17). Beton pracetak adalah beton yang telah disiapkan untuk pengecoran, cor dan curing pada lokasi yang berbeda dengan lokasi dimana beton tersebut digunakan. Jarak antara lokasi pengecoran mungkin hanya beberapa meter, atau bisa saja lebih jauh (dibuat di pabrik) di mana pembuatan pracetak di dekat tempat yang digunakan bertujuan untuk menghindari biaya pengangkutan yang mahal . Umumnya produk akan bernilai lebih tinggi apabila proses produksi dan biaya pengangkutan lebih murah (Elliot,2002).

Dikarenakan struktur akan dibangun di wilayah Indonesia yang rawan gempa , maka perencanaan strukturnya harus mampu menahan gaya lateral yang dihasilkan oleh gempa tersebut. Salah satu aspek performa konstruksi beton pracetak ialah sambungannya, dikarenakan sambungan pada beton pracetak merupakan bagian terlemah. Sambungan berfungsi sebagai penyalur beban, menahan perpindahan, dan memberikan stabilitas (PCI,2010). Oleh karena itu,diperlukannya sambungan yang rigid untuk menjalankan fungsi sebagai sambungan dengan baik.

## **2.2. Struktur Gedung**

### **2.2.1. Tinjauan Desain Struktur Gedung**

Pengaruh beban gempa statik ekuivalen sehingga dapat menggunakan analisis statik ekuivalen. Struktur gedung tidak beraturan adalah struktur gedung yang tidak memenuhi syarat konfigurasi struktur gedung beraturan. Pengaruh gempa struktur ini harus diatur dengan menggunakan 10 pembebanan gempa dinamik. Oleh karena itu, digunakan analisis respon dinamik. (Tavio; and Kusuma, B, 2009)

### **2.2.2. Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan**

Gedung dapat dikategorikan menjadi dua yakni struktur gedung beraturan dan tidak beraturan. Suatu struktur gedung akan ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut (Kresana, 2011) :

- a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut
- c. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama orthogonal denah struktur gedung secara keseluruhan
- e. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang



tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.

- f. Sistem struktur gedung tidak memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah II - 4 suatu tingkat, di mana kekakuan lateralnya adalah kurang 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar tingkat.
- g. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- h. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- i. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Kalaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya. Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar ini analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen.

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut kaidah-kaidah diatas dapat ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan, Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh

pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik.(Wira Mahendra,2010)

### **2.3. Sistem Struktur**

Suatu bangunan gedung diharuskan memiliki sistem struktur yang sesuai dengan faktor daya tahan terhadap gempa. Berikut adalah pembagian sistem struktur menurut wilayah gempanya(Restu; NgakanMade;Budiawati,2013):

- Wilayah gempa 1 dan 2 (resiko gempa rendah). Desain dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dan dinding struktur dengan beton biasa.
- Wilayah gempa 3 dan 4 (resiko gempa sedang). Desain dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) dengan beton tanpa detailing khusus.
- Wilayah gempa 5 dan 6 (resiko gempa tinggi). Desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus dengan beton khusus.

#### **2.3.1. Daktailitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Nominal**

Daktail adalah kemampuan deformasi inelastis tanpa kehilangan kekuatan yang berarti. Sedangkan struktur daktail adalah kemampuan struktur mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak balik akibat gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekuatan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri, walau berada dalam kondisi keruntuhan. (Tavio; Kusuma, B,2009)

#### **2.3.2. Konsep Strong Column Weak Beam**

Dalam Konsep *Strong Column Weak Beam*, elemen balok direncanakan lebih lemah dibanding dengan elemen

kolom, sehingga apabila terjadi pembebanan yang berlebihan, maka elemen balok akan mengalami proses leleh terlebih dahulu daripada elemen kolom. Melelehnya tulangan pada suatu sistem balok bertulang dapat menyebabkan kegagalan struktur.(Rudy; Shinici,2011)

## 2.4. Perbandingan Beton *Precast* dan Beton Konvensional

**Tabel 2. 1** Perbandingan Beton *Precast* dan Beton Konvensional

Item	Konvensional	Pracetak
Desain.	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang luas terutama yang ada kaitannya dengan fabrikasi system,transportasi serta pelaksanaan atau pemasangan komponen, sistem sambungan dan sebagainya.
Bentuk dan ukuran	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentang – bentang yang tidak mengulang.	Efisien untuk bentuk yang teratur dan cukup besar dengan bentuk yang sama
Waktu Pelaksanaan	Lebih Lama	Lebih cepat,karena dapat dilaksanakan secara paralel,bias menghemat waktu antara 20-25%
Teknologi pelaksanaan	konvensional	Butuh tenaga ahli
Koordinasi Pelaksanaan	kompleks	Semua elemen pracetak dicor di pabrik.
Pengawasan/kontrol kerja	Bersifat kompleks,perlu	Sifat lebih mudah karena telah diawasi quality

	dilakukan dengan terus menerus.	control di pabrik.
Kondisi lahan	Butuh area yang luas di lokasi untuk menimbun material dan ruang gerak untuk pengecoran.	Tidak perlu lahan yang luas untuk penyimpanan material selama proses pembangunan sehingga lebih ramah lingkungan.
Kondisi Cuaca	Banyak Dipengaruhi cuaca.	Tidak dipengaruhi cuaca karena dibuat di pabrik.
Ketepatan/akurasi ukuran	Sangat tergantung keahlian pekerja.	Karena dibuat di pabrik, mutu dan ukuran lebih terjamin
Kualitas	Sangat tergantung banyak factor terutama keahlian pekerja dan pengawas.	Lebih terjamin kualitasnya karena dikerjakan di pabrik dengan menggunakan sistem pengawasan dari pabrik.

Sumber :M.ali.Affandi(2014)

## 2.5. Elemen Struktur Pracetak

Pada pembangunan struktur beton, pada umumnya menggunakan 3 metode, yaitu: metode konvensional, metode formwork, dan metode precast. Metode konvensional masih menggunakan kayu dan triplek sebagai perancah dan formwork, sementara sistem formwork yang baru masuk

Indonesia hanya seperti Sistem Outinord dan Mivan yang menggunakan baja dan alumunium sebagai bahan dasarnya. Beton Pracetak, semua elemennya difabrikasi di pabrik, lalu dipasang di lapangan sehingga dapat dijamin kualitas dari elemen pracetak itu Sendiri. Metode yang digunakan disesuaikan dengan jumlah elemen yang dibuat untuk menghasilkan nilai yang lebih ekonomis. (Novdin, 2012)

### 2.5.1. Pelat

Menurut *PCI Design Handbook 5th Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada beberapa macam plat yang sering digunakan :

1. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

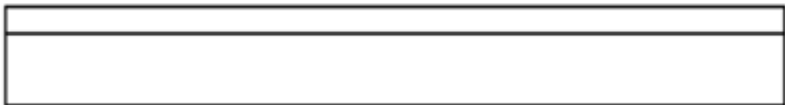


**Gambar 2. 1** Hollow Core Slab

(Sumber : Ervianto, 2002)

*Hollow Core Slab* biasanya menggunakan kabel pratekan dengan ketebalan plat setebal 4 sampai 15 inchi.

2. Pelat Pracetak Tak Berlubang (*Solid Flat Slab*)

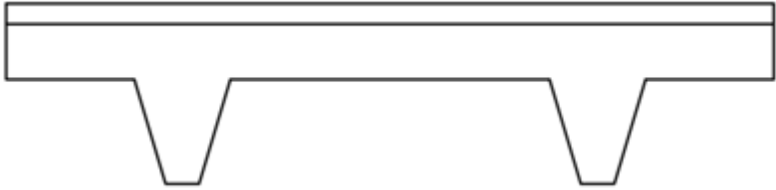


**Gambar 2. 2.** Solid Flat Slab

(Sumber : Ervianto, 2002)

*Solid Flat Slab* tidak menggunakan kabel pratekan sehingga biasanya tebal platnya lebih tebal dari *Hollow Core Slab* yang menyebabkan beratnya, lebih berat dari *Hollow Core Slab*.

### 3. Pelat Pracetak (*Tee* dan *Double Tees*)



**Gambar 2. 3.** Pelat Pracetak Berpenampang *Double Tees*  
(Sumber : Ervianto,2002)

Pelat ini berupa dua kaki yang terhubung sehingga tampak seperti dua huruf “T” yang menyatu.

#### 2.5.2. Balok

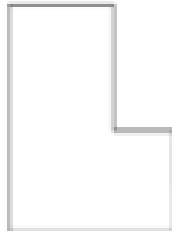
Elemen balok pracetak (*precast beam*) dapat diproduksi dengan berbagai bentang bentuk penampang. Antara lain:

- a. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)



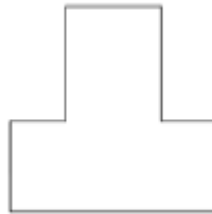
**Gambar 2. 4.** Balok Penampang Persegi  
(Sumber : Ervianto,2002)

- b. Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



**Gambar 2. 5.** Balok Berpenampang L  
(Sumber : Ervianto,2002)

c. Balok berpenampang T terbalik (*Innerted Tee Beam*)



**Gambar 2. 6.** Balok Bepenampang T terbalik  
(Sumber : Ervianto,2002)

### 2.5.3. Kolom

Kolom merupakan anggota tekan vertikal dari suatu rangka struktural yang ditujukan untuk mendukung balok penahan beban. Kolom akan menyalurkan beban dari lantai atas ke lantai bawahnya dan selanjutnya dengan dukungan pondasi. Dikarenakan kolom merupakan elemen tekan, kegagalan sebuah kolom titik yang kritis dapat mengakibatkan keruntuhan dari lantai yang berhubungan dan akan menyebabkan keruntuhan struktur secara keseluruhan. (Tavio; Kusuma. B, 2010)

#### 2.5.4. Sambungan

Jenis sambungan antara komponen beton pracetak yang biasa dipergunakan dapat dikategorikan menjadi 2 kelompok sebagai berikut (Wahyudi et al., 2010):

1. Sambungan kering (dry connection) Sambungan kering adalah sambungan antar komponen beton pracetak menggunakan plat besi sebagai penghubung, yang kemudian dilas atau dibaut.
2. Sambungan basah (wet connection) Sambungan basah adalah sambungan antar beton pracetak yang ditandai dengan keluarnya besi tulangan dari beton pracetak. Besi tulangan ini dihubungkan dengan besi tulangan dari beton pracetak yang akan disambungkan dengan cara dicor di tempat

Jenis sambungan ini dapat berfungsi baik untuk mengurangi penambahan tegangan yang terjadi akibat rangkai, susut dan perubahan temperatur. Sambungan basah ini sangat dianjurkan untuk bangunan di daerah rawan gempa karena dapat menjadikan masing-masing komponen beton pracetak menjadi monolit.(Rudi; dkk, 2014)

**Tabel 2.2. Perbandingan Metode Penyambungan**

<b>Deskripsi</b>	<b>Sambungan <i>Cast In Situ</i></b>	<b>Sambungan Las dan baut</b>
Keutuhan Kuliah	Monolit	Tidak Monolit
Waktu yang dibutuhkan agar sambungan agar bekerja efektif	Perlu Setting Time	Langsung bisa digunakan
Jenis Sambungan	Basah	Kering
Ketinggian Bangunan	Tidak ada batasan	Maksimal 25 Meter



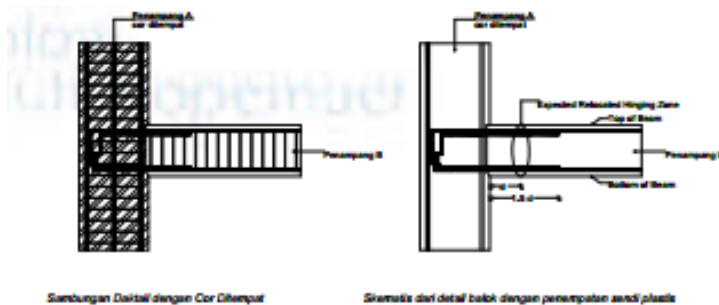
Waktu Pelaksanaan	Lebih lama akibat Setting Time	Lebih cepat 25%-40% daripada In situ concrete joint
Toleransi Dimensi	Toleransi lebih tinggi dibanding sambungan baut dan las	Perlu akurasi yang tinggi sehingga toleransi lebih rendah
Bentang dari struktur yang mampu	Terbatas	Terbatas

Sumber : Wulfram I Ervianto, 2006

Tipe sambungan dalam beton pracetak dalam beton pracetak ada beberapa macam, antara lain:

1. **Sambungan daktail dengan cor setempat/ in-situ**

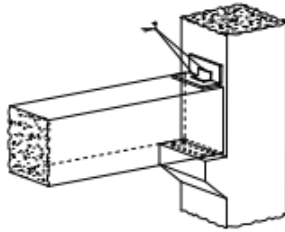
Pada komponen beton pracetak terdapat besi tulangan yang keluar dari bagian ujungnya, dimana antartulangan pada komponen beton pracetak tersebut nantinya akan dihubungkan dengan bantuan *mechanical joint*, *mechanical coupled*, *splice sleeve*, maupun panjang penyaluran. Kemudian pada bagian sambungan dilakukan pengecoran beton. Sambungan basah dapat berfungsi untuk mengurangi penambahan tegangan yang terjadi akibat rangkai, susut serta perubahan suhu. Selain itu, sambungan basah dianjurkan untuk bangunan di daerah rawan gempa karena dapat menjadikan masing-masing komponen beton pracetak menjadi monolit. (Wahyudi, 2014)



**Gambar 2. 7** Sambungan daktail *cor in-situ*.  
(sumber : Zahrial, 2005)

## 2. Sambungan daktail dengan menggunakan las

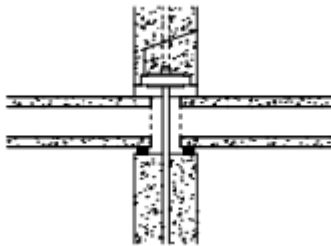
Sambungan las ditempatkan pada permukaan kolom sesuai dengan konsep *Strong Column Weak Beam*. Pada konsep ini, sendi plastis direncanakan terjadi pada ujung balok dekat kolom. Untuk pertemuan antara balok dengan kolom, pada balok dan kolom dipasang pelat baja yang ditanam masuk pada daerah tulangan kolom dan kemudian di cor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Pada kedua ujung balok, pelat baja ditanam pada bagian atas dan bawah. Untuk Perakitan komponen pracetak yang menggunakan las, kolom terlebih dahulu berdiri kemudian dilakukan pengelasan pada kedua pelat tersebut untuk menyambungannya dengan balok. Keuntungan dari cara ini adalah dari segi pengerjaan dan pelaksanaannya, karena elemen-elemennya tunggal dan berbentuk lurus, pengangkutan dan pengangkatannya lebih mudah sehingga lebih ekonomis. Kerugiannya adalah sambungan pada balok kolom sangatlah rawan, biaya relatif besar dan pekerjaan lebih sulit karena memerlukan ketelitian dalam pengelasan.(Ochs; Ehsani, 1993)



**Gambar 2. 8.**Sambungan daktail dengan menggunakan las  
(sumber: Zahrial, 2005)

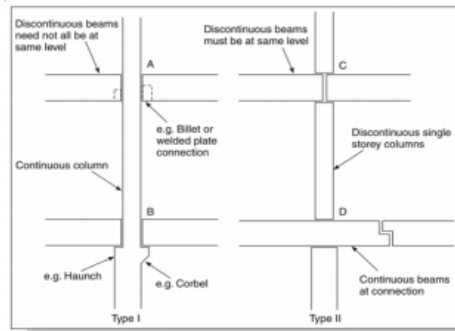
### 3. Sambungan daktail dengan menggunakan baut

Merupakan Metode penyambungan dengan menggunakan baut dilakukan dengan memberikan pelat baja pada kedua elemen beton pracetak yang akan disambung. Selanjutnya, kedua komponen tersebut disatukan dengan menggunakan baut melalui pelat yang telah disiapkan tadi. Baut yang digunakan adalah baut dengan mutu baja tinggi. Setelah itu, pelat tersebut dicor dengan adukan beton agar terhindar dari korosi.



**Gambar 2. 9** Sambungan daktail dengan menggunakan baut  
(sumber : Zahrial,2005)

Menurut Kim S. Elliot, ada 2 tipe sambungan balok-kolom yaitu tipe I (elemen vertikal menerus) dan tipe II (elemen vertikal tidak menerus).



**Gambar 2. 10. Tipe Sambungan Balok-Kolom**  
(Sumber: Kim S Elliot, 2002)

1. **Tipe I (Elemen Vertikal Menerus)**

Terdiri dari 2 kategori :

A. *Hidden Connections*

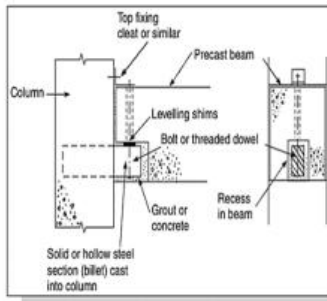


Figure 9.9: Billet beam-to-column hidden connection.

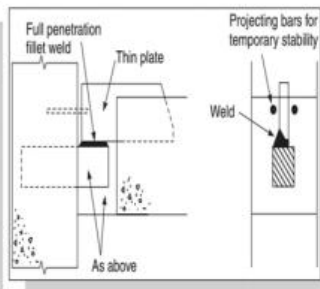


Figure 9.10: Welded plate beam-to-column hidden connection.

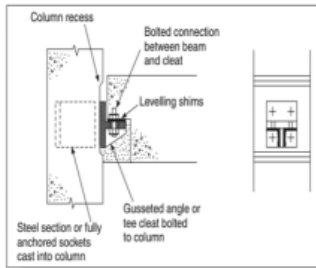


Figure 9.11: Cleat beam-to-column hidden connection.

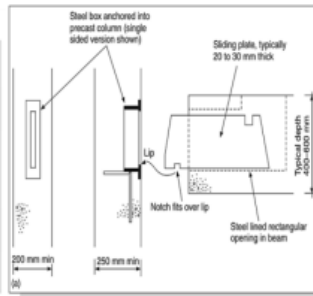


Figure 9.12: Sliding plate beam-to-column hidden connection in detail.

## Gambar 2. 11 Hidden Connections untuk Elemen Vertikal Menerus

(Sumber : Kim S. Elliot, 2002)

### B. Visible Connections

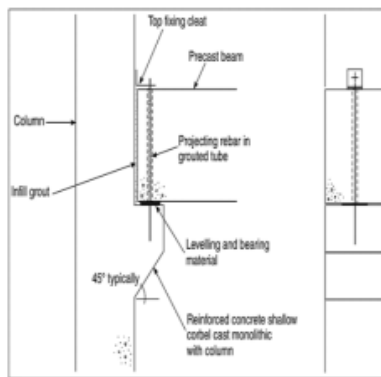


Figure 9.13: Shallow corbel beam-to-column visible connection.

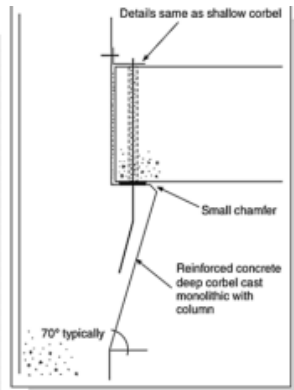


Figure 9.14: Deep corbel beam-to-column visible connection.

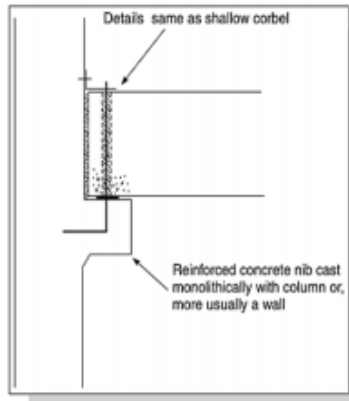


Figure 9.15: Nib beam-to-column (or wall) visible connection.

**Gambar 2. 12. Visible Connections untuk Elemen Vertikal Menerus (Sumber : Kim S. Elliot, 2002)**  
**2. Tipe II (Elemen Vertikal Tidak Menerus)**

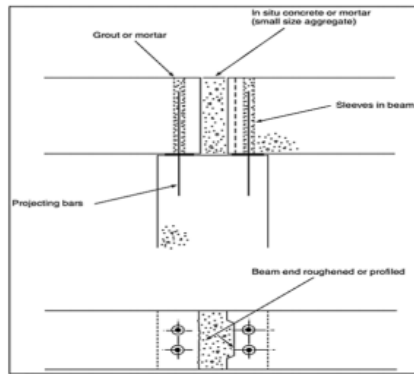


Figure 9.18: Beam-to-column head connection.

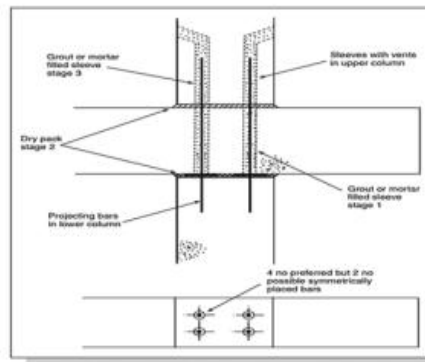


Figure 9.19: Continuous beam to discontinuous column connection.

**Gambar 2. 13** Tipe II (Elemen Vertikal Tidak Menerus)  
(Sumber : Kim S. Elliot, 2002)

## 2.6. Metode Half -Slab

Sistem *Half-slab* didasari pada sulitnya Pelaksanaan Plat Pracetak , seperti beratnya plat pracetak, sulitnya penyambungan tulangan, maka ditemukanlah metode *half-slab* yang ditujukan untuk memudahkan pengangkutan beton pracetak dan penyambungan tulangan.

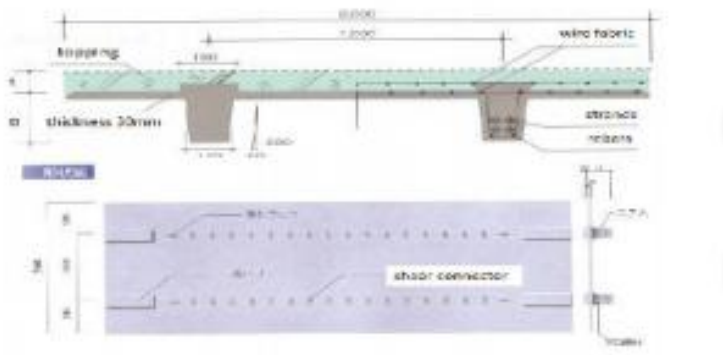
Sistem *half-slab* merupakan gabungan metode beton pracetak dan beton konvensional dimana bagian dasar dari plat merupakan beton pracetak, sementara bagian atasnya ditutup dengan menggunakan beton konvensional yang digunakan sebagai topping yang berfungsi sebagai diafragma penyambung antara satu pelat dan pelat lainnya, sehingga beban dapat dipikul pelat secara merata. Dengan ini, dapat menjadi pelat lebih kedap air dan suara. (Dwi Candra, 2013). Terdapat 2 (dua) macam tipe *half-slab*, yaitu :

- a) *Half-slab* dengan beton Pracetak rata (*flat*).
- b) *Half-slab* dengan beton pracetak bergerigi.

*Half-slab* sangat menguntungkan jika ditinjau dari beberapa sisi, misalnya saja pengurangan beban yang harus

dipikul alat berat dalam mobilisasi maupun pengangkutan pelat beton pracetak, lebih kedap air dan kedap suara. Keuntungan lain dari metode ini adalah beton pracetak yang letaknya di bawah juga berperan sebagai bekisting untuk pengecoran pelat beton konvensional

Penggunaan half-slab precast dapat menghemat 22.49% daripada pengerjaan beton konvensional (Wulfram I Ervianto, 2006). Telah diadakan penelitian dengan membandingkan satu proyek, dimana dalam hasil penelitiannya menjelaskan bahwa dengan menggunakan *half-slab* precast dapat melakukan efisiensi sebesar 22.07 % jika dibandingkan dengan menggunakan plat konvensional dan dapat mempercepat waktu sebesar 9.19% (Rosyd Ambar, 2008).



**Gambar 2. 14.** Plat Precast Half-Slab  
(Sumber: Minchiro, 2010)

### 2.6.1. Keuntungan Metode *Half-Slab* (Romi; Iskandar; Rian, 2016)

- Pelat beton pracetak yang letaknya di bawah juga berfungsi sebagai bekisting untuk pengecoran pelat beton konvensional.
- Dengan memakai topping maka tidak semua komponen struktur lantai adalah precast, sehingga mengurangi bobot pada saat pengangkutan.

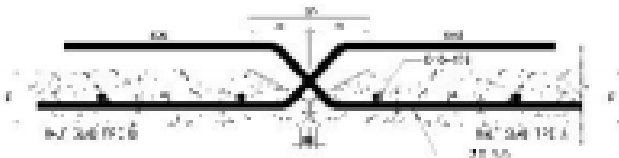


- c. Topping berfungsi seperti diafragma jembatan, yaitu menyatukan precast- precast didekatnya sehingga dapat memikul beban tersebut bersama- sama. Artinya dengan adanya topping, pelat mampu meningkatkan kapasitasnya terhadap pembebanan terpusat tidak terduga yang lebih besar dari rencana

### 2.6.2. Perencanaan Sambungan Precast Half-Slab

Sambungan yang direncanakan yaitu sambungan antara pelat precast half slab dan balok. Adapun pendetailan sambungan. Panjang penyaluran yang ditentukan antara lain(Romi;Iskandar;Rian, 2016):

1. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, , tetapi  $l_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar, tetapi  $l_{dh}$  tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.
3. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan,  $l_d$  harus diambil yang terbesar.

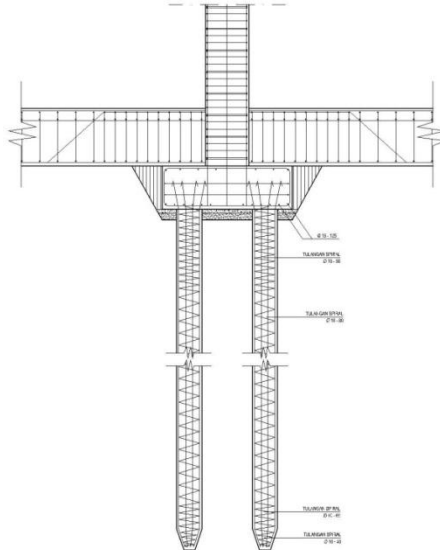


**Gambar 2. 15.** Sambungan Antar *Precast Half-Slab*  
(Sumber : Romi;Iskandar;Rian, 2016)

### 2.7. Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi merupakan salah satu perencanaan bangunan bawah dimana pondasi merupakan penopang bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur bagian atas ke lapisan tanah. Dalam mendisain pondasi perlu diketahui

terlebih dahulu seberapa besar kemampuan pondasi dalam memikul beban dan dibandingkan dengan gaya – gaya yang terjadi pada tiang.(Rizca, 2012).



**Gambar 2. 16.**Pondasi Tiang Pancang  
(sumber : Widi, 2013)

### 2.7.1. Daya Dukung Tanah

Kapasitas/daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban yang bekerja padanya yang biasanya disalurkan melalui pondasi. Kapasitas/daya dukung tanah batas ( $q_u = q_{ult} = \text{ultimate bearing capacity}$ ) adalah tekanan maksimum yang dapat diterima oleh tanah akibat beban yang bekerja tanpa menimbulkan kelongsoran geser pada tanah pendukung tepat di bawah dan sekeliling pondasi.(Karina;dkk, 2014)

### 2.7.2. Desain Pondasi

Desain pondasi harus memenuhi kriteria keamanan. Kriteria keamanan yang harus dipenuhi antara lain adalah

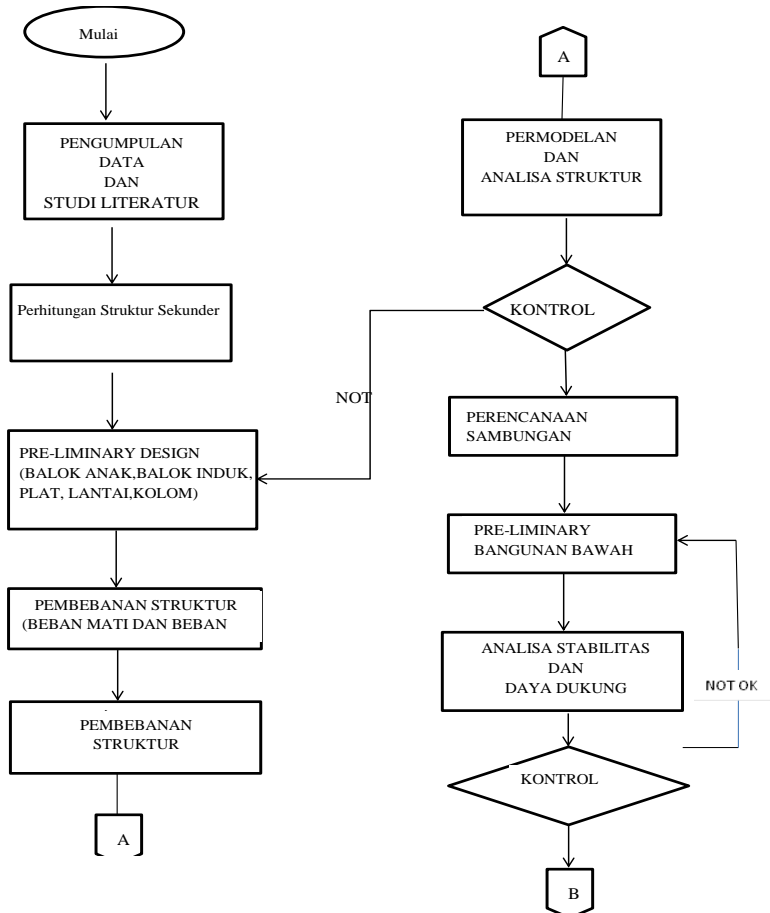
faktor keamanan sebesar 3, penurunan pondasi yang diizinkan sebesar 0,025 meter, dan deformasi lateral pondasi yang diisyaratkan adalah sebesar 0,01 meter. Untuk menganalisis daya dukung tiang bor terhadap beban, diawali dengan mendesain profil penampang dan tulangan pada tiang bor, kemudian dilanjutkan dengan memeriksa kapasitas kuat tekan dan kapasitas momen lentur beton pada tiang bor tersebut dengan bantuan software PCACOL. Analisis dilanjutkan dengan menghitung potensi daya dukung tanah secara aksial menggunakan metode Meyerhoff untuk tahanan ujung tanah kohesif yang dipengaruhi oleh besar koefisien tahanan ujung dan kohesi pada tanah, metode Quiros and Reese (1977) untuk tahanan ujung tanah non-kohesif yang memakai parameter besar nilai NSPT, metode API (1986) untuk tahanan friksi selimut tiang pada tanah kohesif dan non-kohesif. Selain daya dukung aksial tanah, daya dukung lateral tanah juga perlu diperhitungkan agar defleksi yang terjadi masih dalam batas toleransi. (Ivan, 2012).

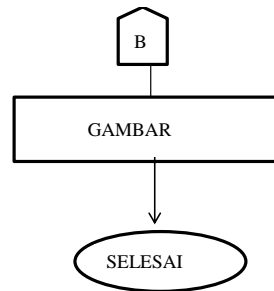
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Diagram Alir

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan yang harus dilalui dalam perencanaan tugas akhir ini, dapat dilihat pada diagram dibawah.





### 3.2. Data Perencanaan dan Studi Literatur

- Data Perencanaan :
- Data Umum Bangunan
 

Nama Gedung	: One Galaxy Office Building
Lokasi	: Surabaya
Tipe Bangunan	: Gedung Perkantoran
Kategori Resiko Bangunan	: Tipe 2
Jumlah Lantai	: 23 lantai (@4.2 m) + 2 lantai(@5.5m) + 1 lantai Basement
Tinggi Bangunan	: 107.6 m
Struktur Bangunan:	: Beton Pracetak di balok dan plat Half Slab dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Struktur Ganda
- Data Material :
 

Mutu Beton ( $f'_c$ )	: 40 Mpa
Mutu Baja( $f_y$ )	: 420 Mpa
Data Tanah	: terlampir

- Peraturan Perancangan dan Studi Literatur  
Beberapa Literatur dan Peraturan yang digunakan dalam tugas Akhir ini meliputi
1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03- 2847- 2013)
  2. Badan Standarisasi Nasional. 2012.Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 03-1726-2012)
  3. Badan Standarisasi Nasional. 2013.Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung. (RSNI 03- 1727 -2013)
  4. ACI 318-14M. Building Code Requirements and Prestress Concrete
  5. PCI Handbook 6<sup>th</sup> Edition. Precast and Prestress Concrete
  6. Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

### **3.3. Preliminary Design Bangunan Atas**

#### **3.3.1. Dimensi Plat dan Balok Anak**

Dalam Menentukan dimensi Plat, langkah- langkah untuk menentukan dimensi plat sebagai berikut:

1. Menentukan Apakah plat tergolong *one way slab* atau *two way slab*.
2. Untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.1.
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi :
  - a. Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2

- 1) Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
- 2) Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
- b. Untuk  $\alpha m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln x (0.8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5 \beta (\alpha m - 0.2)}$$

(SNI 03-2847-2013, persamaan 9-12)

- c) Untuk  $\alpha m$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln x (0.8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9 \beta (\alpha m - 0.2)}$$

(SNI 03-2847-2013, persamaan 9-13)

Keterangan:

$\ell_n$  = panjang bentang bersih

$fy$  = tegangan leleh baja

$\beta$  = rasio tulangan bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok pada tepi panel

4. Untuk pelat satu arah/ *One-way slab* Tebal minimum pelat satu arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 (table 9.5(a)).

$$h = \frac{\ell}{20}$$

Dimana :

$h$  = Tebal Pelat

$\ell$  = Panjang bentang



### 3.3.2. Menentukan Tebal Pelat Pracetak dengan metode Half Slab

Untuk Pelat Pracetak dengan metode Half Slab, perlu diperhatikan kriteria perancangan sebagai berikut (Mochammad; Iskandar; Rian, 2016)

- Rasio perkuatan minimal adalah 0.2 % untuk pelat precast dan topping
- Tebal minimal untuk total tebal pelat adalah 80 mm
- Tebal minimal untuk beton topping adalah 50 mm dan untuk precast 30 mm.

### 3.3.3. Dimensi Balok Induk

Tinggi Minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung, dapat dilihat pada SNI 03 -2847-2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila, digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

- $h_{\min} = \frac{L}{16}$  , apabila  $f_y$  digunakan adalah  $f_y = 420$
- $h_{\min} = \frac{L}{16} \left( 0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$ ,  
apabila  $f_y$  digunakan adalah selain 420
- $h_{\min} = \frac{L}{16} (1.65 - 0.003 \text{ wc})$ ,  
apabila nilai  $\text{wc}$  1440 sampai 1840  $\text{kg/m}^3$

Dimana:

- b = Lebar balok  
h = Tinggi balok  
Lb = Panjang balok

### 3.3.4. Dimensi Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka factor reduksi  $\Phi = 0.65$ .

$$A = \frac{W}{\Phi \cdot f'_c}$$

Dimana:

$W$	=	Beban aksial yang diterima kolom
$f'c$	=	Kuat tekan beton karakteristik
$A$	=	Luas Penampang Kolom

### 3.4. Perencanaan Struktur Sekunder

Perhitungan Struktur Sekunder terpisah dari perhitungan struktur utama, dikarenakan struktur sekunder hanya meneruskan beban ke struktur utama.

#### 3.4.1. Perencanaan Tangga

Struktur tangga direncanakan dengan perletakan sendi-rol maka, perhitungannya penulangan tangga harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$64 \leq 2t + i \leq 65, \text{ dengan syarat kemiringan tangga yaitu } 25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

Keterangan :

$t$  = Tinggi tanjakan

$i$  = lebar injakan

$\alpha$  = kemiringan tangga

#### 3.4.2. Perencanaan Balok Anak

Besarnya Beban pelat yang dibebankan pada balok anak dihitung sebagai beban trapezium dan dua segitiga. Beban dari plat ini akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok anak sehingga dapat menghitung tulangan lentur serta gesernya. Untuk penentuan dimensi balok mengikuti perhitungan Balok Induk yaitu berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 Tabel 9.5(a)

#### 3.4.3. Perencanaan Struktur Atap

Konstruksi atap direncanakan berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada dibawahnya dalam hal ini melindungi mesin elevator. Atap direncanakan hanya sebagai beban bagi konstruksi utama sehingga dalam perhitungannya dilakukan secara terpisah. Untuk Perhitungan menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1

### 3.5. Pembebanan Struktur Atas

Untuk Analisa Stuktur, perlu diketahui dengan jelas beban- beban yang bekerja pada suatu struktur. Ada 2 Jenis Macam Beban menurut SNI 03-2847-2013 dan RSNI 03-1726-2012 yaitu Beban Statis dan Beban Dinamis

#### 3.5.1. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terusmenerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1983 adalah sebagai berikut:

##### a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing, dan komponen arsitektural serta struktur yang terpasang. Beban mati yang digunakan pada perancangan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 ( PPIUG 1983 ).

**Tabel 3. 1** Beban Mati pada Struktur

<b>Beban Mati</b>	<b>Besar Beban</b>
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Dinding pasangan ½ bata	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Ubin semen portland	24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit + penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>

##### b. Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang disebabkan oleh pengguna bangunan gedung atau struktur lainnya yang tidak

termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti : beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan berdasar pada kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Dalam Perencanaan tugas ini, beban hidup yang digunakan mengacu pada Peraturan Pembebanan SNI 1727-2013 tabel 4-1.

- a) Untuk Ruang Arsip dan Komputer sebesar  $4.79 \text{ kN/m}^2$
- b) Untuk Kantor sebesar  $2.40 \text{ kN/m}^2$
- c) Untuk Koridor di atas lantai pertama  $4.79 \text{ kN/m}^2$
- d) Untuk atap yang digunakan untuk taman sebesar  $4.79 \text{ kN/m}^2$

### 3.5.2. Beban Dinamis

#### a. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) daerah Surabaya. Untuk pembebanan gravitasi pada Sistem Rangka Pemikul Momen, pembebanan hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, dimana pengaruh pada struktur dibebankan langsung kepusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada. Analisa beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 meliputi :

- Penentuan Respon Spektrum  
Penentuan Wilayah Gempa dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 pada SNI-03-1726-2012
- Perhitungan Koefisien Respon Gempa  
Untuk penentuan respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 dan menurut tabel 4 dan tabel 5. Sehingga diperoleh data  $S_s$ ,  $S_1$ ,  $F_a$ ,  $F_v$

$$SMS = F_a \times S_s$$

$$SM_1 = F_v \times S_1$$

- Perhitungan percepatan spektral desain sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 6.3

$$SDS = 2/3 SMS$$

$$SDI = 2/3 SM$$

- Perhitungan spectrum respons desain harus dikembangkan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 6.4.
- Periode waktu getar alami fundamental (T) ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2

$$T = T_a \times C_u$$

Dimana

$T_a$  = Periode fundamental pendekatan

$$T_a = \frac{0.0062hn}{\sqrt{C_w}}$$

- Respon Seismik ( $C_s$ ) ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left( \frac{R}{I_e} \right)}$$

Dimana :

$S_{DS}$  = percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan hunian

Dengan nilai  $C_s$  max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I} \right)}$$

Cs harus tidak kurang dari  $C_s = 0,044 \text{ SDS.Ie} \geq 0,01$   
 Untuk struktur yang berlokasi di S1 sama dengan atau lebih  
 besar dari

0,6g, maka Cs harus tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0.5 S1}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

- Kontrol Gaya Geser Dala, dan Simpangan Maksimum berdasar SNI 03-1726-2012

$$V = C_s \times W$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Di mana :

$C_s$  = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1

$W$  = berat seismik efektif menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.7.2

#### b. Beban Angin

Parameter Beban Angin yang disyaratkan dari SNI 03-1727-2013 pasal 26 adalah sebagai berikut :

Kecepatan angin dasar,  $V$  (Pasal 26.5)

- Faktor arah angina,  $K_0$  (Pasal 26.6)
- Kategori eksposur (Pasal 26.7)
- Faktor topografi,  $K_z$  (Pasal 26.8)
- Faktor efek tiupan angin (Pasal 26.9)
- Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
- Koefisien tekanan internal (Pasal 26.11)

### 3.5.3. Kombinasi pembebanan

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1 ditetapkan untuk kombinasi beban sebagai berikut:

- 1)  $U = 1,4 D$
- 2)  $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3)  $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4)  $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5)  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

U : beban ultimate  
 D : beban mati  
 L : beban hidup  
 E : beban gempa

### 3.6. Analisa Struktur Atas

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan program bantu SAP 2000/ ETABS. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam analisa struktur ini adalah:

- Bentuk Gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur pre-eliminary design
- Wilayah Gempa
- Pembebanan Struktur dan Kombinasi Pembebanan

### 3.7. Pemodelan Struktur

Setelah melakukan preliminary design dan menentukan beban-bebannya, maka untuk permodelan dapat dimulai. Untuk permodelan dapat menggunakan program bantu SAP/ ETABS untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada Struktur.

### 3.8. Kontrol Permodelan Struktur

Untuk memastikan permodelan yang kita buat adalah benar, maka untuk itu, kita perlu mengecek beberapa hal agar

permodelan yang kita buat sesuai/ benar adanya sehingga dapat digunakan untuk perencanaan.Kontrol Permodelan Struktur meliputi beberapa hal sebagai berikut:

### **3.8.1. Kontrol Partisipasi Massa**

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.9.1, Analisis harus menyertakan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90%(>90%) dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal dan orthogonal dari respons yang ditinjau model.

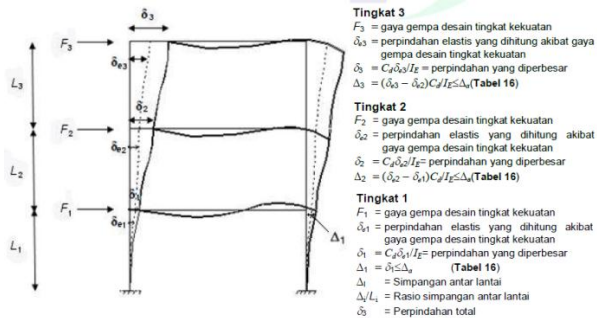
### **3.8.1 Kontrol Skala Gaya**

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.9.4.1 ,Bila periode fundamental yang dihitung Melebihi  $C_u T_a$ ,maka  $C_u T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah tersebut. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 ( $V/V_t$ ).

### **3.8.2 Kontrol Drift/ Simpangan Antar Lantai**

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.8.6 ,Persyaratan Defleksi tiap lantai < Defleksi ijin harus dipenuhi. Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya. Jika desain tegangan ijin digunkan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.





**Gambar 3. 1** Perhitungan Simpangan Tiap Lantai

**Tabel 3. 2** Simpangan ijin struktur

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpanan antar lantai	0,025 h	0,02 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

### 3.8.3 Kontrol Periode

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.8.2, Periode fundamental struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode

fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung  $C_u$  dari Tabel 3. dibawah dan perioda fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1. Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai dengan 7.8.2.1. Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Keterangan:

$h_n$  = ketinggian struktur (m)

$C_t$  = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

$x$  = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

**Tabel 3. 3 Koefisien  $C_u$**

Parameter percepatan respons spectral desai pada 1 detik, SD1	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

**Tabel 3. 4 Koefisien  $C_t$  dan  $x$**

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

### 3.9. Perencanaan Penulangan Struktur Utama

#### 3.9.1. Perhitungan Tulangan Lentur Pelat

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, Sistem plat yang digunakan ialah dua arah yang tertumpu pada keempat sisinya. Untuk perhitungan  $\rho$  min,  $\rho$  maks, dan  $\rho$  pakai yang perhitungannya sama dengan perhitungan penulangan pelat balok, dengan batasan spacing tulangan yaitu:

- $S < 450 \text{ mm}$
- $S < 3h$

Dimana :

$S$  = Jarak antar tulangan  
 $h$  = Tebal Pelat

#### 3.9.2. Perhitungan Tulangan Geser Pelat

untuk perhitungan kebutuhan tulangan geser, dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- $V_u \leq 0.5 \Phi V_c$  ( Tidak perlu penguatan geser )
- $0.5 \Phi V_c < V_u < \Phi V_c$  ( Dipakai tulangan geser minimum)
- $\Phi V_c < V_u < \Phi (V_c + V_{s \text{ min}})$  (Diperlukan tulangan geser)
- $\Phi (V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u$   $\Phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} . bw . d)$  perlu tulangan geser

Dimana :

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} . bw . d$$

$$V_s = \sqrt{\frac{f'c}{3}} . bw . d$$

Keterangan :

$V_c$  = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Beton

$V_s$  = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Tulangan geser

$V_n$  = Kekuatan geser Nominal ( $V_c + V_s$ )

$V_u$  = Gaya geser Berfaktor

### 3.9.3. Perhitungan Tulangan Susut Pelat

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1. Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 adalah 0,0020
- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 adalah 0,0018
- Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah  $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

### 3.9.4. Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari kondisi retak –retak beton disekitar tulangan baja, maka digunakan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 3000 Mpa, sehingga perlu dilakukan kontrol terhadap retak berdasarkan SNI 03-2847-2013, pasal 10.6.4 dengan syarat:

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \text{ (SNI 03-2847-2013, Pasal 10.6.4)}$$

$$Z \leq 30.000 \text{ N mm untuk penampang dalam ruangan,}$$

$$Z \leq 25.000 \text{ N mm untuk di ruangan,}$$

Keterangan :

$f_s$  = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, boleh diambil sebesar 0,60  $f_y$  (MPa).

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat (mm).

$A$  = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dibagi dengan jumlah  $n$  batang tulangan atau kawat (mm<sup>2</sup>).

## 3.10. Penulangan Balok

### 3.10.1. Perhitungan Tulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, Untuk Perencanaan Penulangan tulangan lentur dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$ , dan  $M_u$ .
2. Menentukan harga  $\beta_1$  sesuai peraturan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI2847:2013 lampiran B (8.4.2))

$$\rho_{\max} < 0.025 \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)})$$

$$\rho_{\max} < 0.75\rho_b \quad (\text{SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)})$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

Dari kedua harga  $\rho_{\min}$  tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga  $m$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

5. Menentukan  $R_n$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 9.3})$$

6. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xmR_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ) dari  $\rho$  yang didapat

$$A_s = \rho \times b \times d$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

### 3.10.2. Perhitungan Tulangan Geser

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 03- 2847-2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11 -1 yaitu harus memenuhi  $\Phi V_n \geq V_u$ , dimana:

$V_n$  = kuat geser nominal penampang

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang  
 $\Phi$  = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75 (SNI 03-2847-2013, Pasal 9.3)

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ ) :

$V_n = V_c + V_s$  (SNI 03-2847-2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11 -2)

$V_c = V_c = 0.17 a \sqrt{f'_c} . b_w . d$  (SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11 -3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$\Phi V_n \geq V_u$  (SNI 03-2847-2002, Pasal 11.1)

Dimana:

$V_u$  = Geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_c$  = Kuat geser beton

$V_s$  = Kuat geser nominal tulangan geser

### 3.8.3.1 Perhitungan Tulangan Torsi

Pengaruh Akibat Torsi dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1})$$

Perencanaan Penampang Terhadap Torsi dapat disyaratkan :

$$T_u \leq \phi T_n \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 persamaan 11-20})$$

Tulangan Senggang untuk puntir :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 persamaan 11-21)

Dimana:

$T_u$  = Momen torsi terfaktor

$T_n$  = Kuat momen torsi

$T_c$  = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

$T_s$  = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

$A_0$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser  $\text{mm}^2$

### 3.8.4 Perencanaan Tulangan Kolom

Setelah menemukan gaya dalam berupa gaya aksial dan momen dengan menggunakan program bantu ETABS/SAP 2000, gaya tersebut diinputkan ke program bantu PCACOL untuk menentukan tulangan lenturnya. Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 23.5.1.

#### 3.8.4.1 Kuat Lentur Kolom

Berdasar SNI-2847-2013, filosofi Konsep Strong Coloumn Weak Beam dapat terjadi apabila syarat kuat lentur terpenuhi dengan menggunakan rumus :

$$\sum Mn_c \geq (1,2) \times \sum Mn_b$$

Dimana :

$\sum Mn_c$  = Jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum Mn_b$  = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, bilamana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif yang didefinisikan dalam 8.12 harus diasumsikan menyumbang kepada **Mnb** jika tulangan slab disalurkan pada penampang kiris untuk lentur.

### 3.11. Titik Angkat Komponen Pracetak

#### 3.11.1. Pengangkatan Pelat Pracetak

Proses pengangkatan dan penyimpanan elemen pracetak harus diperhatikan dengan baik. Hal tersebut perlu dilakukan untuk menjamin agar elemen pracetak tidak mengalami kerusakan/keretakan. Untuk itu, kita perlu memperhatikan hal-hal yang perlu memperhatikann hal-hal yang tertera pada *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memperlakukan elemen beton pracetak tersebut antara lain:

##### a) Dua Titik Angkat

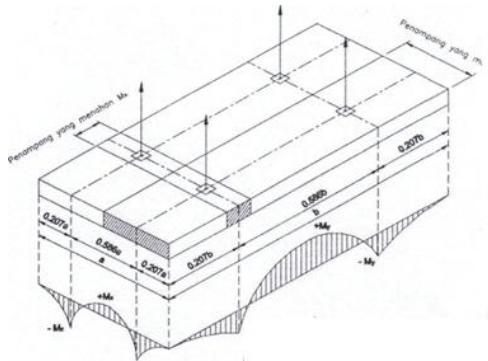
MomenMaksimum

$$+ Mx = -My = 0.0107.w.a^2.b$$

$$+ My = -Mx = 0.0107.w.a.b^2$$

- Mx ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan 15t atau b/2.
- My ditahan oleh penampang dengan lebar a/2.





**Gambar 3. 2** Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)  
(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6<sup>th</sup> Edition*)

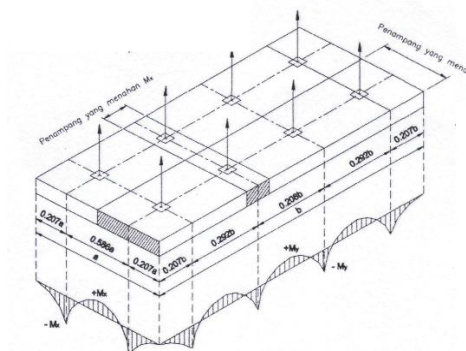
**b) Empat Titik Angkat**

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

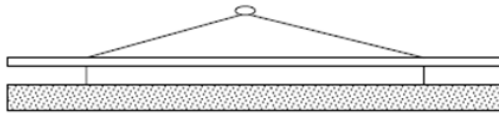
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



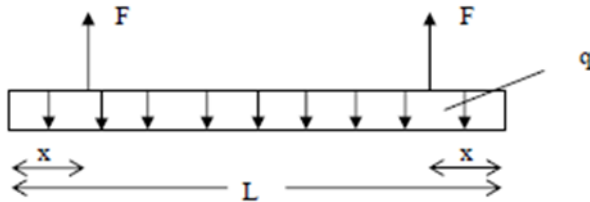
**Gambar 3. 3** Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)  
(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6<sup>th</sup> Edition*)

### 3.11.2. Pengangkatan Balok Pracetak

Pertama-tama untuk pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Kondisi ini menyebabkan beban yang bekerja adalah beban sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur yang menyebabkan momen disepanjang batang. Oleh sebab itu, ada dua hal yang perlu ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur saat pengangkatan (*Lifting Anchor*) dan kekuatan lentur beton pracetak.

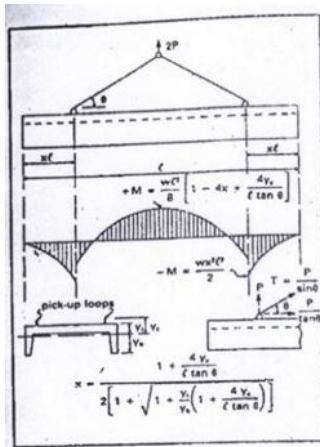


**Gambar 3. 4** Pengangkatan Balok Pracetak



**Gambar 3. 5** Pembebanan Pada Balok Pracetak saat Pengangkatan

Dikarenakan balok pracetak harus didesain untuk terhindar dari kerusakan saat proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulang angkat harus menjamin supaya elemen balok tidak mengalami kerusakan. Model Pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 3. 6** Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok/kolom

### 3.12. Perencanaan Sambungan

Pada Umumnya, kegagalan yang terjadi pada elemen pracetak terletak pada sambungannya, dikarenakan sambungan pada komponen pracetak relative kurang kaku atau monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral, khususnya dalam menahan gempa. Untuk itu Sambungan pada elemen anata balok pracetak dengan kolom dan juga plat pracetak direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton cor setempat (*Cast In Place*) sehingga struktur lebih monolit. Dengan metode konstruksi semi pracetak, yaitu elemen pracetak dengan tuangan beton cast in place diatasnya, maka diharapkan sambungan elemen-elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit. Untuk menjamin kekakuan dan kekuatan pada detail sambungan ini memang butuh penelitian mengenai perilaku sambungan tersebut terhadap beban gempa. Dalam perencanaan sambungan pracetak, gaya – gaya disalurkan dengan cara menggunakan sambungan grouting, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton

bertulang cor setempat, atau kombinasi cara – cara tersebut. Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan sambungan dengan pelapisan beton bertulang cor setempat. Menurut ACI 318-M14 pasal 18.9.2.1 sambungan daktail pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut:

$$V_n \geq 2V_e$$

Dimana,

$V_n$  = Kekuatan Geser Nominal

$V_e$  = Kekuatan Geser actual

Sedangkan menurut ACI 318-M14 pasal 18.9.2.2 .

Persyaratan *Strong connection* pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\phi S_n \geq 1.4 S_e$$

Dimana,

$S_n$  = kekuatan lentur, geser, atau aksial momen sambungan

$S_e$  = momen, geser, atau gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kuat mungkin dilokasi leleh yang diharapkan.

Untuk sambungan kolom-kolom, harus memenuhi syarat berikut,

$$\phi M_n \geq 0.4 M_{pr}$$

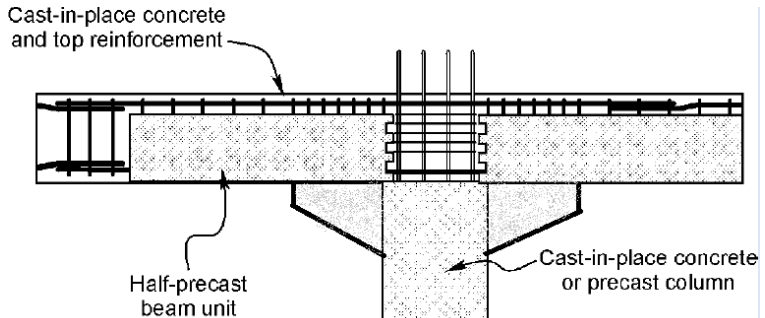
Dimana,

$M_n$  = Kekuatan lentur nominal pada penampang

$M_{pr}$  = Kekuatan lentur mungkin komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial

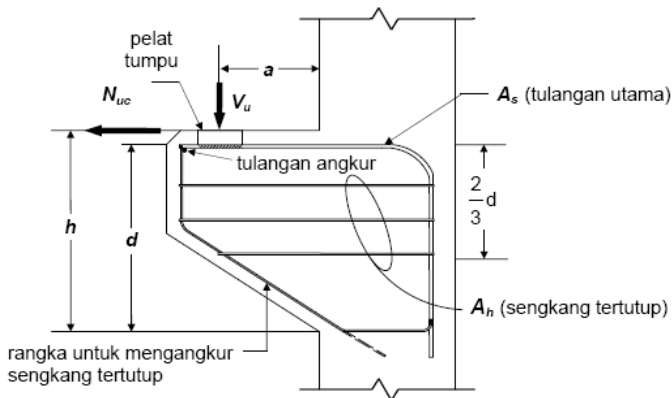
### 3.12.1. Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok – kolom yang tahan terhadap gempa (seismic resistant) dapat menggunakan sambungan basah pada balok dan kolom pracetak dapat menggantikan sambungan monolit biasa (Nimse, Joshi and Patel, 2014) dapat dilihat seperti pada gambar 3.6



**Gambar 3. 7** Detail Penulangan Balok-Kolom

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek, penggunaan konsol pendek dimaksudkan agar mengurangi penggunaan perancah saat pemasangan balok pracetak. Untuk pemasangan Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom, kemudian tulangan kolom dirangkai menjadi satu kesatuan dengan tulangan balok. Untuk Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:13 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.

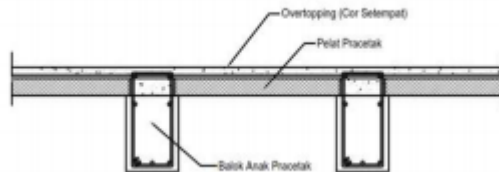


**Gambar 3. 8.** Parameter geometri konsol pendek

### 3.12.2. Sambungan Balok dengan Pelat

Untuk menghasilkan sambungan balok yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada plat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 03-2847-2013 pasal 7.13.
- Grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara plat pracetak dengan balok pracetak.

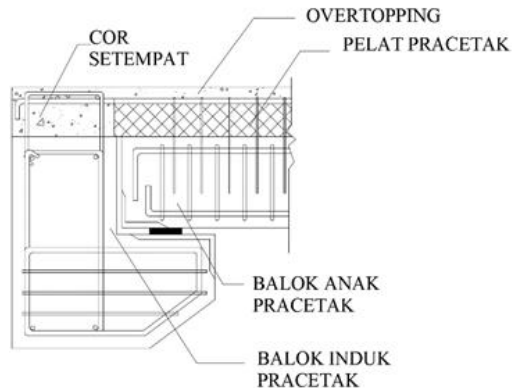


**Gambar 3. 9** Sambungan Balok dengan Pelat

### 3.12.3. Sambungan Balok Induk –Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat struktur yang monolit, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013 pasal 13.7.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan

konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:13 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



**Gambar 3. 10** Sambungan balok induk dengan balok anak

### **3.13. Metode Pemasangan Elemen pracetak**

#### **3.13.1. Metode pemasangan Pelat Pracetak**

Untuk Pemasangan Pelat Pracetak perlu diperhitungan kemudahan dalam pemasangan. Untuk pemasangan pelat pracetak dibagi menjadi tahap- tahap yaitu:

- 1) Tahap persiapan :
  - Menentukan dimensi pelat pracetak.
  - Menentukan diameter angkur.
  - Menghitung gaya angkat.
  - Menghitung titik angkat pelat pracetak
  - Mengontrol keliling sobek dari pelat.

## 2) Tahap pengangkatan :

- Pelat pracetak dibuat di site khusus pembuatan pracetak
- Setelah pembuatan elemen pelat pracetak, Pelat diangkat dengan menggunakan crane.

## 3) Tahap pemasangan

- Pelat diletakkann diatas balok anak, sehingga elevasi balok.
- Setelah itu, selisih/ gap antara pelat dan balok induk digrouting.
- Setelah digrouting, dilakukan overtopping pada pelat pracetak dengan balok pracetak.
- Overtopping dilakukan dengan ketentuan tebal minimal 5 cm.

### 3.13.2. Metode Pemasangan Balok Induk Pracetak

Sama seperti pelat pracetak, balok pracetak juga memiliki 3 tahap pemasangan, yaitu :

## 1) Tahap persiapan :

- Menentukan dimensi balok induk pracetak.
- Menentukan diameter angkur.
- Menghitung gaya angkat.
- Menghitung titik angkat balok pracetak.

## 2) Tahap pengangkatan :

- Balok Induk pracetak dibuat di site khusus pembuatan pracetak
- Setelah pembuatan elemen pelat pracetak, Pelat diangkat dengan menggunakan crane.
- Saat pengangkatan perlu memperhatikan tentang 2 aspek, yaitu : kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang balok pracetak.

## 3) Tahap pemasangan

- Konsol pendek yang terdapat pada kolom diberi elastomer se



- Balok diletakkan diatas elastomer pada konsol pendek yang terdapat pada kolom pracetak.
- Tulangan ekstra pada balok disambungkan dengan tulangan kolom.
- Setelah pekerjaan balok anak dan pelat selesai dilakukan, pengecoran kolom dan hubungan balok kolom bisa dilakukan.

### 3.13.3. Metode Pemasangan Balok Anak Pracetak

Untuk Tahapan persiapan dan pengangkatan balok anak pracetak sama seperti balok induk yang membedakan ialah tahapan pemasangan balok anak:

1) Tahap pemasangan :

- Konsol pendek pada balok induk diberi elastomer
- Balok anak pracetak diletakkan diatas elastomer pada konsol pendek
- Setelah itu, balok anak pracetak siap dibebani dengan plat pracetak.

### 3.14. Perencanaan Basement

Dinding pada basement harus di rancang agar kokoh dan kuat, mengingat fungsinya sebagai retaining wall (penahan beban tekanan tanah dan air). Namun pada tugas besar kali ini, dinding basement tidak dijadikan sebagai retaining wall, karena yang akan menahan beban tekanan tanah dan air adalah tiang pancang di sekeliling basement. Sehingga tekanan tanah dan air hanya akan membebani tiang pancang tersebut. Ketebalan dinding beton untuk basement berkisar antara 15-17.5 cm, bergantung pada kedalaman basement nya.

Struktur basement direncanakan menggunakan materian beton bertulang dengan cor dilokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut :

- Pelat Lantai *Basement*

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah.

Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-2847-2013.

### 3.15. Perencanaan Bangunan Bawah

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pada umumnya ada 2 macam pondasi yang biasa digunakan untuk konstruksi gedung, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Umumnya, pondasi dangkal digunakan untuk konstruksi yang sederhana dan tidak terlalu tinggi dan tidak rumit, contoh pondasi dangkal seperti pondasi tapak, pondasi raft, pondasi rollag bata, dll. Sementara Pondasi dalam umumnya digunakan untuk Konstruksi bangunan tinggi/ High Risk Building, Konstruksi di daerah rawan gempa, dan daerah yang memiliki tanah kurang baik. Contoh Pondasi Dalam seperti *Bore Pile* dan tiang pancang. Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam. Pada tugas kali ini, tipe pondasi yang digunakan ialah tiang pancang

#### 3.8.5 Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan daya dukung tanah pada tugas ini, formula yang dipakai adalah formula dari Luciano Decourt, formulanya sebagai berikut :

- $Q_L = Q_P + Q_S$
- $q_p = N_p + K$
- $Q_S = q_s A_S$

$$\triangleright Q_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s$$

### 3.8.6 Tekanan Ijin Pada Tiang

$$P_{ijin\ tiang} = \frac{A_{tiang} \times C_n}{SF\ 1} + \frac{JHP \times Q}{SF\ 2}$$

Dimana :

SF 1 = Safety Factor 1

SF2 = Safety Factor 2

Cn = Nilai Conus (diambil 4D keatas dan 4 D kebawah)

Q = Daya dukung tanah

JHP = Jumlah Hambatan Lekatan

### 3.8.7 Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P_{ijin}}$$

$$S \geq \frac{1,57(D)_{\min} - 2D}{m + n - 2}$$

Dimana :

n = Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

s = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah kolom

n = Jumlah baris

### 3.8.8 Efisiensi Tiang

$$(\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

$$\text{Dimana, } \theta = \arctan \left( \frac{D}{S} \right)$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{My \times X_{\max}}{\Sigma x^2} + \frac{Mx \times Y_{\max}}{\Sigma y^2}$$

$P_{ult} = \text{Efisiensi tiang} \times P_u \text{ 1 tiang berdiri}$

### 3.8.9 Kontrol Kekuatan Tiang

$$P_{ult} \geq P_{\text{perlu}}$$

$$P_{\text{perlu}} = P_{\text{maks}}$$

### 3.8.10 Kontrol Geser Ponds pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$\blacksquare V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{SNI 2847:13}$$

pasal 11.11.12.1(a)

$$\blacksquare V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{SNI 2847:13}$$

pasal 11.11.12.1(b)

$$\blacksquare V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{SNI 2847:13}$$

pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

$\beta$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$b_o$  = keliling pada penampang kritis pada poer =  $2(b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d)$

$\alpha_s$   $\rightarrow$  30, untuk kolom tepi  
 $\rightarrow$  40, untuk kolom tengah  
 $\rightarrow$  20, untuk kolom pojok

$\phi V_c > P_u$  "OK" (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)

### 3.16. Perencanaan Basement

Dinding pada basement harus di rancang agar kokoh dan kuat, mengingat fungsinya sebagai retaining wall (penahan beban tekanan tanah dan air). Namun pada tugas besar kali ini,

dinding basement tidak dijadikan sebagai retaining wall, karena yang akan menahan beban tekanan tanah dan air adalah tiang pancang di sekeliling basement. Sehingga tekanan tanah dan air hanya akan membebani tiang pancang tersebut. Ketebalan dinding beton untuk basement berkisar antara 15-17.5 cm, bergantung pada kedalaman basement nya.

Struktur basement direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan cor dilokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut :

- *Penulangan Dinding Basement*  
Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan peraturan dalam SNI 2847:2013.
- *Kontrol Ketebalan Dinding Basement*  
Ketebalan dinding basement dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013 pasal 22.6.6.3.
- *Pelat Lantai Basement*  
Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013.

### **3.17. Penggambaran Hasil Perhitungan**

Hasil dari perhitungan struktur di atas di tuangkan dalam gambar teknik. Untuk mempermudah dalam penggambaran, maka dalam perencanaan ini akan menggunakan AutoCAD sebagai program bantu.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV PRELIMINARY**

### **4.1. Umum**

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan terbaru yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, dinding geser, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary desain ada baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

### **4.2. Data Perencanaan**

Sebelum perhitungan preliminary desain perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima struktur gedung tersebut. Pada perencanaan gedung Perkantoran One Galaxy dimodifikasi menggunakan beton pracetak biasa dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
- Lokasi : Kertajaya Indah Timur,  
Surabaya Timur
- Jumlah Lantai : 25 Lantai + Basement
- Ketinggian Lantai : 23 lantai (@4.2 m) + 2  
Lantai (@5.5m)
- Lantai Basement : 1 lantai Basement ( 3.7 m)
- Tinggi Bangunan : 107.6 m
- Total Luas Area : 1176 m<sup>2</sup>
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 35 Mpa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Letak Bangunan : Jauh dengan pantai

### **4.3. Pembebanan**

1. Beban Statis
  - Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>2</sup>
- Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Dinding ½ Bata : 240 kg/m<sup>3</sup>
- Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Plumbing + duckting : 30 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi 2 cm : 42 kg/m<sup>2</sup>
- Aspal : 14 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup
  - Beban pekerja : 100 kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai Kantor : 240 kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai Lobi (R.Komputer) : 479 kg/m<sup>2</sup>
  - Pelat Tangga dan Boredes : 300 kg/m<sup>2</sup>
- 2. Beban Angin
  - Jauh dari pantai : 25 kg/m<sup>2</sup>
- 3. Beban Gempa
  - Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 1726-2012.

#### 4.4. Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi dalam tugas akhir ini menggunakan balok yang penampangnya berbentuk persegi (rectangular beam). Perencanaan balok dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama balok pracetak dibuat dengan sistem fabrikasi yang kemudian pada tahap kedua dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Pada tahap kedua balok dipasang dengan pengangkatan ke lokasi proyek lalu dilakukan over-topping (cor insitu) setelah sebelumnya dipasang terlebih dahulu pelat pracetak. Dengan sistem tersebut maka akan membentuk struktur yang monolit. Dimensi balok yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 yang tertera di Tabel 9.5 a adalah sebagai berikut :

$$h_{min} = \frac{1}{16} Lb$$

Untuk lebar balok diambil 2/3 dari tinggi balok:



$$b = \frac{2}{3} h$$

Dalam tugas akhir ini, dimensi balok anak direncanakan menggunakan :

$$h = \frac{1}{16} L$$

b = lebar balok

h = tinggi balok

Dengan tujuan agar lendutan balok tidak melebihi lendutan ijin.

Dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

Lb = lebar kotor dari balok

Fy = Mutu Baja Tulangan

#### 4.4.1. Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 35 Mpa dan mutu baja 420 Mpa sehingga digunakan :

- Balok Induk memanjang (BI1) : L = 8 meter

$$h_{min} = \frac{1}{10} Lb = \frac{1}{10} 8000 = 800 \text{ mm}$$

$$h_{min} = 800 \text{ mm}, h_{pakai} = 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 800 \text{ mm} = 534 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai } b = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang BI1 dengan dimensi 55/80

- Balok Induk Memanjang (BI2) : L = 8.5 meter

$$h_{min} = \frac{1}{10} Lb = \frac{1}{10} 8500 = 850 \text{ mm}$$

$$h_{min} = 850 \text{ mm}, h_{pakai} = 850 \text{ mm} = 85 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 850 \text{ mm} = 567 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai } b = 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang BI1 dengan dimensi 60/85

**Tabel 4. 1** Tabel Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Nama Balok	Panjang mm	h mm	h pakai mm	b mm	b pakai mm
Balok BI1	8000	800	800	534	550
Balok BI2	8500	850	850	567	600
Balok BI3	2400	220	250	167	200
Balok BI4	5500	440	450	300	300
Balok BI5	3500	350	350	233	250
Balok BI6	4500	450	450	300	300

#### 4.4.2. Dimensi Balok Anak

Dimensi Balok Anak direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus dengan menggunakan mutu beton 35 Mpa dan mutu baja 420 Mpa sehingga digunakan :

$$h = \frac{1}{21} L \text{ (SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5a)}$$

b = lebar balok

h = tinggi balok

Dalam tugas akhir ini, dimensi balok anak direncanakan menggunakan :

$$h = \frac{1}{16} L$$

b = lebar balok

h = tinggi balok

Dengan tujuan agar lendutan balok tidak melebihi lendutan ijin, maka dimensi balok anak BA1 adalah :

$$h_{min} = \frac{1}{16} 8000 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$$

$$h_{min} = 550 \text{ mm, dipakai } h_{min} = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3} 500 \text{ mm} = 267 \text{ mm}$$

$$b_{min} = 334 \text{ mm, dipakai } b_{min} = 350 \text{ mm}$$

**Tabel 4. 2** Tabel Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Nama Balok	Panjang	h	h pakai	b	b pakai
	mm	mm	mm	mm	mm
Balok BA1	8000	500	500	334	350
Balok BA2	8500	532	550	367	400
Balok BA3	3500	218	250	167	200
Balok BA4	2100	131	200	133	150
Balok BA5	4000	207	250	167	200
Balok BA6	1800	112.5	200	133	150

#### 4.5. Perencanaan Tebal Pelat

##### 4.5.1. Peraturan perencanaan Pelat

Peraturan penentuan tebal pelat minimum satu arah dan dua arah menggunakan persyaratan pada SNI 03-2847-2013. Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum pelat dua arah di pasal 9.5 point 9.5.3.3.

##### 4.5.2. Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 2 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu :

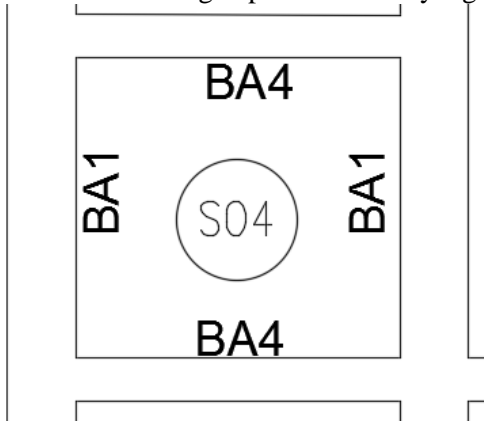
- Pelat tipe S01 : 400 cm x 800 cm
- Pelat tipe S02 : 850 cm x 400 cm
- Pelat tipe S03 : 220 cm x 800 cm
- Pelat tipe S04 : 210 cm x 200 cm
- Pelat tipe S05 : 210 cm x 120 cm
- Pelat tipe S06 : 210 cm x 230 cm
- Pelat tipe S07 : 180 cm x 350 cm
- Pelat tipe S08 : 180 cm x 220 cm
- Pelat tipe S09 : 400 cm x 350 cm
- Pelat tipe S10 : 400 cm x 230 cm
- Pelat tipe S11 : 400 cm x 150 cm
- Pelat tipe S12 : 330 cm x 120 cm

Tipe Pelat diatas direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu Beton : 35 Mpa
- Mutu Baja : 420 Mpa

Untuk Perencanaan Tebal Pelat Diambil dua pelat dengan dimensi yang berbeda dimana ada pelat satu arah dan pelat dua arah dengan tebal sebesar 13 cm.

- Contoh Perhitungan pelat dua arah yang direncanakan :



**Gambar 4. 1** Balok Disekeliling pelat S04

Dalam tugas akhir ini tipe pelat S04 dengan dimensi yaitu 2.1 m x 2 m digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat sehingga nilai  $L_n$  dan  $S_n$  yaitu :

$$L_n = 2100 - \frac{1}{2}(150 + 150) = 1950 \text{ mm} = 195 \text{ cm}$$

$$S_n = 2000 - \frac{1}{2}(350 + 350) = 1650 \text{ mm} = 165 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{195}{165} = 1.4375 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Perhitungan lebar sayap efektif :

Untuk pelat yang dijepit pada balok anak BA1, Balok Anak BA4,

○ **Balok BA1 35/ 50 (2 buah)**

$$be = \frac{1}{4} Ly = \frac{1}{4} \times 1650 \text{ mm} = 412.5 \text{ mm}$$

$$= 41.2 \text{ cm}$$

$$be = bw + 2(hw - hf) = 350 + 2(500 - 130)$$

$$= 1090 \text{ mm} = 109 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 \times hf = 350 + 8 \times 130 = 1390 \text{ mm} = 139 \text{ cm}$$

Beff pakai = be terpendek = 41.2 cm

$$K = \frac{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right)\left(\frac{hf}{hw}\right)[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right) + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right)\left(\frac{hf}{hw}\right)^3]}{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right)\left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

dimana :

beff = Panjang efektif pelat yang ditanggung balok

bw = Lebar balok

hw = Tinggi balok

hf = Tinggi pelat

$$K = \frac{1 + \left(\frac{412}{350} - 1\right)\left(\frac{130}{500}\right)[4 - 6\left(\frac{130}{500}\right) + 4\left(\frac{130}{500}\right)^2 + \left(\frac{412}{350} - 1\right)\left(\frac{130}{500}\right)^3]}{1 + \left(\frac{412}{350} - 1\right)\left(\frac{130}{500}\right)}$$

$$K = \frac{0.8613}{0.9557} = 0.9012$$

$$I \text{ balok} = k \cdot bw \cdot hw^3 / 12 = 0.9012 \cdot 350 \cdot 500^3 / 12$$

$$= 21149333774 \text{ mm}^4$$

$$I \text{ pelat} = ly \cdot hf^3 / 12 = 2000 \cdot 130^3 / 12$$

$$= 366166666.7 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{I \text{ balok}}{I \text{ pelat}} = \frac{21149333774}{366166666.7} = 57.759 \geq 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5

$$h \text{ min} = \frac{Ln \left(0.8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

$$h_{\min} = \frac{1950 (0.8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1.4375}$$

$$h_{\min} = 56.19412516 \text{ mm}$$

persyaratan  $h \geq 125 \text{ mm}$ , maka dipakai  $h = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$ .

○ **Balok BA4 15/20 (2 buah)**

$$be = \frac{1}{4} Ly = \frac{1}{4} \times 1600 \text{ mm} = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$be = bw + 2(hw - hf) = 150 + 2(250 - 130) \\ = 440 \text{ mm} = 44 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8 \times hf = 150 + 8 \times 130 = 1190 \text{ mm} = 119 \text{ cm}$$

Beff pakai = be terpendek = 40 cm

$$K = \frac{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right)\left(\frac{hf}{hw}\right)[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right) + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right)\left(\frac{hf}{hw}\right)^3]}{1 + \left(\frac{beff}{bw} - 1\right)\left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

dimana :

beff = Panjang efektif pelat yang ditanggung balok

bw = Lebar balok

hw = Tinggi balok

hf = Tinggi pelat

$$K = \frac{1 + \left(\frac{400}{150} - 1\right)\left(\frac{130}{200}\right)[4 - 6\left(\frac{130}{200}\right) + 4\left(\frac{130}{200}\right)^2 + \left(\frac{400}{150} - 1\right)\left(\frac{130}{200}\right)^3]}{1 + \left(\frac{400}{150} - 1\right)\left(\frac{130}{200}\right)}$$

$$K = \frac{2.02}{1.52} = 1.329$$

$$I_{\text{balok}} = k \cdot bw \cdot hw^3 / 12 \\ = 1.431548588 \cdot 150 \cdot 200^3 / 12 \\ = 346086267.5 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = ly \cdot hf^3 / 12 \\ = 2000 \cdot 130^3 / 12 \\ = 366166666.7 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{346086267.5}{366166666.7} = 0.945160494 \geq 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5

$$h_{\min} = \frac{Ln \left( 0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0.2)}$$

$$h_{\min} = \frac{Ln \left( 0.8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 5 \times 1.4375 \times (0.945 - 0.2)}$$

$$h_{\min} = 66.496 \text{ mm}$$

persyaratan  $h \geq 125 \text{ mm}$ , maka dipakai  $h = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$

- o jika diambil  $\alpha$  rata-rata maka didapatkan hasil :

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\sum \alpha_{\text{balok}}}{\text{jumlah balok}} \\ &= \frac{57.7588 + 2.8347 + 0.9452 + 0.9452}{4} \\ &= 61.77492265 > 2 \end{aligned}$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5

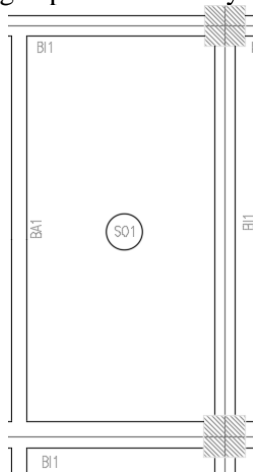
$$h_{\min} = \frac{Ln \left( 0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h_{\min} = \frac{2300 \left( 0.8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \times 1.4375}$$

$$h_{\min} = 56.1941251 \text{ mm}$$

persyaratan  $h \geq 125 \text{ mm}$ , maka dipakai  $h = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$

- Contoh Perhitungan pelat satu arah yang direncanakan :



**Gambar 4. 2** Balok Disekeliling pelat S01

Dalam tugas akhir ini tipe pelat S01 dengan dimensi yaitu 4 m x 8 m digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat sehingga nilai  $L_n$  dan  $S_n$  yaitu :

$$L_n = 8000 - \frac{1}{2}(550 + 550) = 7450 \text{ mm} = 745 \text{ cm}$$

$$S_n = 2000 - \frac{1}{2}(550 + 350) = 3550 \text{ mm} = 355 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{745}{355} = 2.0986 > 2 \text{ (pelat 1 arah)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5a persyaratan tebal minimum untuk komponen struktur pelat massif satu arah dengan kedua ujung menerus ialah =

$$h = \frac{l}{28}$$

dimana :  $l$  yang digunakan adalah  $l_y$  = panjang terpendek dari pelat

$$h_{\text{minimum}} = \frac{4000}{28} = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$$



akan tetapi yang direncanakan lebih tipis yaitu 130 mm, hal ini dimungkinkan karena tebal preliminary pada umumnya jauh lebih tebal daripada pelat yang umumnya didesain.

**Tabel 4. 3** Rekapitulasi tebal pre-liminary pelat

Tipe Pelat	Dimensi				$\beta$	Tipe arah	Tebal Min (cm)	Tebal Pakai (cm)
	p (mm)	l (mm)	Ln (mm)	Sn (mm)				
Pelat 1	4000	8000	7450	3550	2.1	1 arah	15	15
Pelat 2	8500	4000	7950	3500	2.3	1 arah	15	15
Pelat 3	2200	8000	7850	1975	3.9	1 arah	8	15
Pelat 4	2100	2000	1900	1600	1.4	2 arah	6	15
Pelat 5	2100	1200	1900	1000	1.9	2 arah	5	15
Pelat 6	2100	2300	1750	1950	1.6	2 arah	5	15
Pelat 7	1800	3500	3150	1350	2.3	1 arah	7	15
Pelat 8	1800	2200	2100	1350	1.6	2 arah	5	15
Pelat 9	4000	3500	3550	3125	1.1	2 arah	9	15
Pelat 10	4000	2300	3550	2100	1.7	2 arah	5	15
Pelat 11	4000	1500	3550	1125	3.2	1 arah	6	15
Pelat 12	3300	1200	3275	1525	2.1	1 arah	7	15

**Dikarenakan yang direncanakan merupakan pelat pracetak sehingga, semua tipe pelat direncanakan dengan tipe arah 1 arah, dikarenakan sepanjang pelat ditumpu dengan 2 tumpuan sehingga pelat hanya perlu direncanakan 1 arah saja.**

Tebal Pelat yang direncanakan 15 cm telah memenuhi syarat perincian elemen pracetak yang merupakan pelat pracetak adalah :

- Untuk Lantai 1-24

Tebal Pelat Pracetak = 10 cm

Tebal overtopping = 5 cm

- Untuk Lantai atap
 

Tebal Pelat Pracetak	= 10 cm
Tebal overtopping	= 5 cm

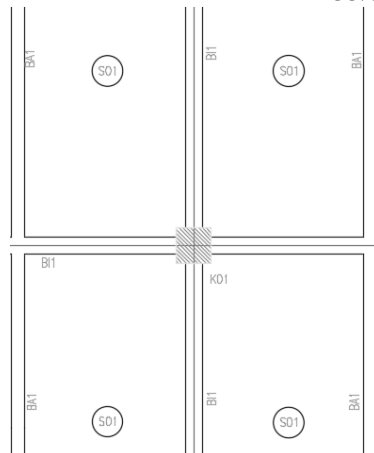
#### 4.6. Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang memikul beban terbesar adalah kolom yang memikul pelat lantai dengan bentang terbesar yaitu kolom yang memikul bentang 800 x 800 cm.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan memen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data- data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Tebal pelat = 15 cm
- Tinggi Basement = 3.7 m
- Tinggi Lantai 3- 25 = 4.2 m
- Tinggi Lantai 1-3 = 5.5 m
- Dimensi Balok :
 

BI1	= 55/80
BA1	= 35/50



**Gambar 4. 3** Luasan beban yang ditanggung kolom

Berdasarkan gambar kolom yang ditinjau memikul beban pada luasasn berukuran 800 x 800 cm. Beban – beban yang terjadi yang diberikan diatas lantainya sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom yang berbeda setiap 4/ 5 tingkatnya.

Untuk pre-liminary kolom terdapat reduksi beban hidup, dimana sesuai SNI-1727-2013 pasal 4.7 diatur untuk reduksi beban hidup terbagi merata.

Diketahui :

$$K_{LL} = 4 \text{ (Tabel 4-2 SNI-1727-2013)}$$

$$\text{Bentang: } p = 8 \text{ m}$$

$$l = 8 \text{ m}$$

$$A_T = p \times l \\ = 64 \text{ m}^2$$

$$\text{Reduksi/ L} = K_{LL} \times A_T \\ = 256 > 37.16$$

Untuk reduksi beban hidup di atap (SNI-1727-2013 pasal 4.8)

$$L_o = 4.79 \text{ (Tabel 4-1 SNI 1727-2013)-perkantoran}$$

$$R_1 = 0.6 \text{ (SNI-1727-2013 pasal 4.8.2)}$$

$$R_2 = 1 \text{ (SNI-1727-2013 pasal 4.8.2)}$$

$$L_r = L_o \times R_1 \times R_2 \\ = 0.58$$

Untuk reduksi beban hidup di lantai (SNI-1727-2013 pasal 4.7)

$$L_o = 4.79 \text{ (Tabel 4-1 SNI 1727-2013)-perkantoran}$$

$$K_{LL} \times A_T = 256$$

$$L = L_o \times \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} \times R_T}} \right) \\ = 2.56564375 \text{ kN/m}^2 > 0.4 \times L_o \\ = 2.56564375 \text{ Kn/m}^2 > 1.916 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{(OKE!!)} = 256.564375 \text{ kg}$$

Untuk Ukuran Kolom, digunakan perhitungan sebagai Berikut :

**Tabel 4. 4** Kolom atap sampai lantai 23

Beban Mati	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	8	8	0.13	3	59904	kg
Plafon + Penggantung	18	8	8	-	2	2304	kg
Tegel	24	8	8	-	3	4608	kg
Spesi (2 cm)	42	8	8	-	3	8064	kg
Dinding Batu Bata	250	16	-	4.2	2	33600	kg
Ducting + Plumbing	30	8	8	-	2	3840	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	3	25344	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	3	25344	kg
Balok BA1 =	2400	8	0.35	0.5	5	16800	kg
					W Dead	179808	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Lantai	256.564375	8	8	0.13	3	6403.847	Kg
					W LIVE	6403.847	Kg

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi Berat Total : } W &= 1.2 D + 1.6 L \\
 &= 1.2 (179808)\text{kg} + 1.6 (6403.8468) \text{ kg} \\
 &= 226015.7549\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu Beton digunakan} = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi} :$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c'}$$

$$A = \frac{226015.7549\text{kg}}{\left(\frac{1}{3}\right) \times 400} = 1695.118162\text{cm}^2$$

$$\text{Dimensi : } b^2 = 1695.118162 \text{ cm}^2$$

$$b = 42 \text{ cm}$$

$$b \text{ pakai} = 50 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom uk. 50 x 50 cm

**Tabel 4. 5** Kolom yang digunakan lantai atap sampai lantai 23

Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m <sup>3</sup> )	Panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	satuan
Kolom digunakan	2400	0.5	0.5	4.2	2	5040	kg

$$W \text{ total} = 226015.7549 + 1.2 \times 5040 = 232063.7549 \text{ kg}$$

**Tabel 4. 6** Kolom lantai 23-18

Pelat Lantai 18 - 23							
Beban Mati	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	8	8	0.13	5	99840	kg
Plafon + Penggantung	18	8	8	-	5	5760	kg
Tegel	24	8	8	-	5	7680	kg
Spesi (2 cm)	42	8	8	-	5	13440	kg
Dinding Batu Bata	250	16	-	4.2	5	84000	kg
Ducting + Plumbing	30	8	8	-	5	9600	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	5	42240	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	5	42240	kg
Balok BA1 =	2400	8	0.35	0.5	5	3360	kg
						W Dead	308160
Beban Hidup	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Lantai	256.564375	8	8	0.13	5	10673.08	Kg
						W LIVE	10673.08 Kg

Jadi berat total :

$$\begin{aligned}
 W &= 1.2 D + 1.6 L + W \text{ total pelat lantai sebelumnya} \\
 &= 1.2 (308160) \text{ kg} + 1.6 (10673.078) \text{ kg} + 232063.7549 \\
 &= 618932.6797 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton digunakan} = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensi:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{W}{\Phi \times f_c'} \\
 A &= \frac{618932.6797 \text{ kg}}{\left(\frac{1}{3}\right) \times 400} = 4641.995098 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} : b &= h \\
 b^2 &= 4641.995098 \text{ cm}^2 \\
 b &= 69 \text{ cm} \\
 b \text{ pakai} &= \mathbf{70 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

Digunakan dimensi kolom uk. 70 cm x 70 cm

**Tabel 4. 7** Kolom yang digunakan lantai 23-18

Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m <sup>3</sup> )	Panjang (m)	lebar (m)	Tinggi (m)	jumlah lantai	Berat	Satuan
Kolom digunakan	2400	4.2	0.7	0.7	5	24696	kg

$$W_{\text{total}} = 618932.6797 + 1.2 \times 24696 = \mathbf{648567.8797 \text{ kg}}$$

**Tabel 4. 8 Kolom lantai 13-18**

Pelat Lantai 13 - 18							
Beban Mati	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	8	8	0.13	5	99840	kg
Plafon +	18	8	8	-	5	5760	kg
Tegel	24	8	8	-	5	7680	kg
Spesi (2 cm)	42	8	8	-	5	13440	kg
Dinding Batu Bata	250	16	-	4.2	5	84000	kg
Ducting + Plumbing	30	8	8	-	5	9600	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	5	42240	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	5	42240	kg
Balok BA1 =	2400	8	0.35	0.5	5	16800	kg
W Dead						321600	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Lantai	256.564375	8	8	0.13	5	10673.08	Kg
W LIVE						10673.08	Kg

Jadi Berat Total :

$$W = 1.2 D + 1.6 L + W_{\text{total pelat lantai sebelumnya}} \\ = 1.2 (321600) \text{ kg} + 1.6 (10673.08) \text{ kg} + 648567.8797$$

kg

$$= 1051564.804 \text{ kg}$$

Mutu Beton digunakan = 40 Mpa

Dimensi:

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c'}$$

$$A = \frac{10673.08 \text{ kg}}{\left(\frac{1}{3}\right) \times 400} = 7886.736034 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &: b &= h \\ &b^2 &= 7886.736034 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$b = 89 \text{ cm}$$

$$b \text{ pakai} = 90 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom uk. 90 x 90 cm

**Tabel 4. 9** Kolom digunakan lantai 13-18

Beban Mati	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Kolom digunakan	2400	4.2	0.9	0.9	5	40824	kg

$$W \text{ total} = 1051564.804 + 1.2 \times 40824 = \mathbf{1100553.604 \text{ kg}}$$

**Tabel 4. 10** Kolom lantai 8-13

Pelat Lantai 8 - 13							
Beban Mati	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	8	8	0.13	5	99840	kg
Plafon + Penggantung	18	8	8	-	5	5760	kg
Tegel	24	8	8	-	5	7680	kg
Spesi (2 cm)	42	8	8	-	5	13440	kg
Dinding Batu Bata	250	16	-	4.2	5	84000	kg
Ducting + Plumbing	30	8	8	-	5	9600	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	5	42240	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	5	42240	kg
Balok BA1 =	2400	8	0.35	0.5	5	16800	kg
W Dead						321600	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Lantai	256.564375	8	8	0.13	5	10673.08	Kg
W LIVE						10673.08	Kg

Jadi Berat Total :

$$\begin{aligned}
 W &= 1.2 D + 1.6 L + W \text{ total pelat lantai sebelumnya} \\
 &= 1.2 (321600)\text{kg} + 1.6 (10673.08)\text{kg} + 1100553.604\text{kg} \\
 &= 1503550.529 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Mutu Beton digunakan = 40 Mpa

Dimensi :





Jadi Berat Total :

$$\begin{aligned} W &= 1.2 D + 1.6 L + W \text{ total pelat lantai sebelumnya} \\ &= 1.2 (321600) \text{ kg} + 1.6 (10673.08) \text{ kg} + 1576731.33 \text{ kg} \\ &= 1906547.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mutu Beton digunakan = 40 Mpa

Dimensi:

$$A = \frac{W}{\Phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{1906547.454 \text{ kg}}{\left(\frac{1}{3}\right) \times 400} = 14299.10591 \text{ cm}^2$$

Dimensi:  $b = h$   
 $b^2 = 14299.10591 \text{ cm}^2$   
 $b = 120 \text{ cm}$   
**b pakai = 120 cm**

Digunakan kolom dengan uk. 120 cm x 120 cm

**Tabel 4. 13** Kolom yang digunakan lantai 3-8

Beban Mati	Berat Sendiri	Panjang (m)	lebar (m)	Tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Kolom digunakan	2400	4.2	1.05	1.05	5	55566	kg

$$W \text{ total} = 1906547.45 + 1.2 \times 55566 = \mathbf{1979728.254 \text{ kg}}$$

**Tabel 4. 14 Kolom Lantai Basement -3**

Lantai Basement -3							
Beban Mati	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	8	8	0.13	3	59904	kg
Plafon + Penggantung	18	8	8	-	3	3456	kg
Tegel	24	8	8	-	3	4608	kg
Spesi (2 cm)	42	8	8	-	3	8064	kg
Dinding Batu Bata	250	16	-	4.2	1	16800	kg
Ducting + Plumbing	30	8	8	-	3	5760	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	3	25344	kg
Balok B1 =	2400	8	0.55	0.8	3	25344	kg
Balok BA1 =	2400	8	0.35	0.5	5	16800	kg
						W Dead	166080 kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	panjang (m)	lebar (m)	tinggi (m)	Lantai	Berat	Satuan
Lantai	256.564375	8	8	0.13	3	6403.847	Kg
						W LIVE	6403.847 Kg

Jadi Berat Total :

$$\begin{aligned}
 W &= 1.2 D + 1.6 L + W \text{ total pelat lantai sebelumnya} \\
 &= 1.2 (166080) \text{ kg} + 1.6 (6403.847) \text{ kg} + 1979728.254 \text{ kg} \\
 &= 2189270.409 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Mutu Beton digunakan = 40 Mpa

Dimensi:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{W}{\phi \times f c'} \\
 A &= \frac{2189270.409 \text{ kg}}{\left(\frac{1}{3}\right) \times 400} = 16419.52807 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi: } b &= h \\
 b^2 &= 16419.52807 \text{ cm}^2 \\
 b &= 129 \text{ cm} \\
 b \text{ pakai} &= \mathbf{130 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

Digunakan kolom dengn uk. 130 x 130 cm

#### 4.7. Perencanaan Tebal Dinding Geser

Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, nilai yang diambil ialah nilai terkecil dari persyaratan tersebut, dan juga tebal tidak kurang daripada 100 mm. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

- Panjang bentang dinding : 800 cm
- Tinggi Lantai 1-3 : 550 cm
- Tinggi Lantai 3- 25 : 420 cm
- $T \geq H/25$  :  $550/25 = 22$  cm
- $T \geq H/25$  :  $420/25 = 16.8$  cm
- $T \geq L/25$  :  $800/25 = 32$  cm

Dengan demikian dapat direncanakan ketebalan dinding geser yaitu sebesar 35 cm, dimana ketebalan 35 cm memenuhi persyaratan dari minimum ketebalan dinding geser.

*(Halaman ini Sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

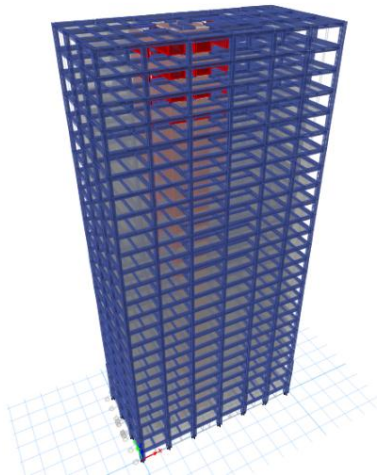
### **PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR**

#### **5.1. Umum**

Dalam Perencanaan gedung Bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini Bertujuan agar struktur gedung mampu untuk memikul beban-beban yang terjadi. Pembebanan Gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1723:2013PPIUG 1983(Beban Mati tambahan) dan SNI 2847:2013 dan pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

#### **5.2. Permodelan Struktur**

Dalam Perhitungan analisis beban gempa, perlu suatu permodelan struktur. Struktur gedung permodelan memiliki total 25 lantai dan 1 lantai basement dengan tinggi total  $\pm 107.1$  m. Permodelan gedung berlokasi di Surabaya.



**Gambar 5. 1** Permodelan Struktur Pada ETABS

### 5.3. Pembebanan Gravitasi

Pembebanan Gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Beban mati dan hidup yang dipehitungkan berupa

- Beban Mati (PPIUG 1983)
  - Berat sendiri beton bertulang : 24 KN/m<sup>3</sup>
  - Adukan finishing : 0,21 KN/m<sup>3</sup>
  - Tegel : 0,24 KN/m<sup>3</sup>
  - Dinding setengah bata : 0,25 KN/m<sup>3</sup>
  - Plafond : 0,11 KN/m<sup>3</sup>
  - Penggantung : 0,07 KN/m<sup>3</sup>
  - Plumbing +ducting : 0,25 KN/m
- Beban Hidup (SNI 1727 : 2013)
  - Lantai Atap sebagai Taman : 4,79 KN/m<sup>3</sup>
  - Lantai Kantor : 2,40 KN/m<sup>3</sup>
  - Lantai Koridor Utama : 4,79 KN/m<sup>3</sup>

Dari analisa yang telah dilakukan berikut adalah rekap pembebanan Gravitasi pada gedung Perkantoran One Galaxy :

**Tabel 5. 1** Rekap Pembebanan Gravitasi

Rekap Pembebanan		
Lantai	Dead (Kg)	Live (Kg)
Basement	552816	-
Lantai 1-2	1735694.3	512745.55
Lantai 3-7	1468644.3	256908
Lantai 8-12	1413002.7	256908
Lantai 13-17	1316234.7	2569.08
Lantai 18-22	1238820.3	2569.08
Lantai 23-24	1180759.5	2569.08
Lantai 25	1180759.5	5127.4555
Total	35331925.9	7190212.65

Didapatkan total beban mati sebesar 35,331,925.9 dan beban hidup sebesar 7,190,212.65 kg atau beban total (1D + 1L) adalah **42,522,138.55 kg**.

Pembebanan yang diinputkan pada ETABS haruslah mendekati yang telah di hitung secara manual sehingga pembebanan pada ETABS dapat dikatakan benar. Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan dari ETABS.

**Tabel 5. 2** Pembebanan Gravitasi ETABS

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
1D + 1L	0	0	41,443,449.7

Jadi total beban gravitasi pada ETABS (1D+1L) sebesar **41,443,449.7 kg**.

Sehingga didapatkan sebagai berikut

$$W_{\text{total}} \text{ ETABS} = \mathbf{41,443,449.7 \text{ kg}}$$

$$W_{\text{total}} \text{ Manual} = \mathbf{42,522,138.55 \text{ kg}}$$

$$\text{Selisih perhitungan manual dengan SAP} = \mathbf{3.19 \%}$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah **benar**.

## **5.4. Pembebanan Gempa Dinamis**

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa. Dalam permodelan di dalam ETABS permodelan gempa dinamis arah X dan arah Y ditambahkan factor eksentrisitas akibat bangunan tidak simetris sebesar 5%.

### **5.4.1. Faktor Keutamaan Gempa**

Faktor keutamaan gempa seperti yang telah di bahas pada Subab 2.9.1 ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen masuk dalam kategori resiko II dengan fator keutamaan gempa (*I*) **1,0**.

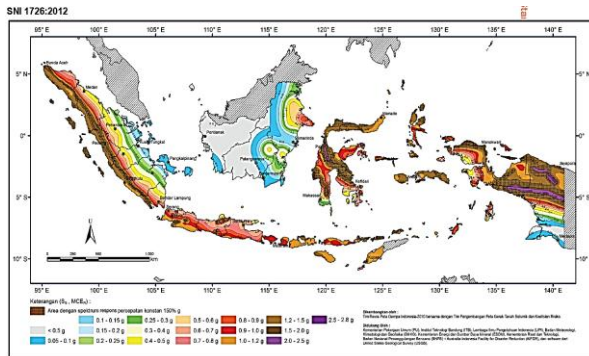
**Tabel 5. 3** Kategori Resiko Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 5.4.2. Kelas Situs

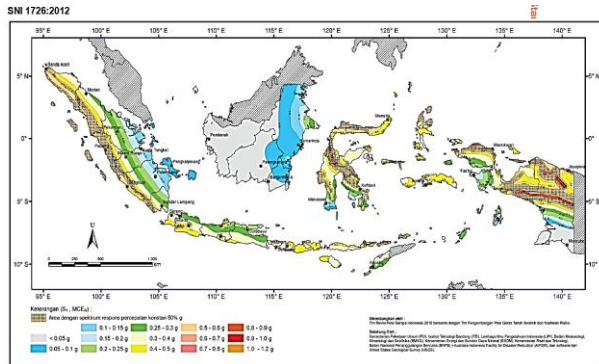
Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Perkantoran One Galaxy didapatkan nilai N (tes  $N_{spt}$ ) sampai kedalaman 20 meter lebih kecil dari 15 jadi dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs **SE** (Tanah Lunak).

### 5.4.3. Parameter Respon Spectral



1.





2.

**Gambar 5. 2** Peta untuk menentukan (1) periodae pendek 0.2 detik ( $S_s$ ) (2) periode 1 detik ( $S_1$ )

$S_s$ , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian ( $MCE_R$ ). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SE. Dari gambar **5.2 a** untuk daerah Surabaya didapatkan nilai  $S_s = 0.663$  g.

$S_1$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian ( $MCE_R$ ) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SB. Dari gambar 5.2 b untuk wilayah **Surabaya**  $S_1 = 0.247$  g.

#### 5.4.4. Parameter Percepatan Spectrum

Parameter percepatan spektra disain untuk periode pendek 0,2 detik ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) adalah sebagai berikut

$$S_{MS} = F_a S_s = 1,2696 \times 0,663 = 0.842$$

$$S_{M1} = F_v S_1 = 1.906 \times 0,247 = 0.471$$

sehingga

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,842 = 0,561$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,471 = 0,314$$

Untuk perioda pendek 0.2 detik ( $S_s$ ) sebesar 0,663g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik ( $S_1$ ) sebesar 0,247g dengan kelas situs SE didapatkan daerah Surabaya memiliki  $S_{DS}$  sebesar **0,561** dan  $S_{D1}$  sebesar **0,314**.

#### 5.4.5. Katergori Desain Seismik

Seerti yang telah di bahas pada subab 2.3.6, kategori desain seismik dibagi berdasarkan tabel 2.6 dan tabel 2.7 untuk  $S_{DS}$  sebesar 0,561 dan  $S_{D1}$  sebesar 0,314 dan kategori resiko II kategori desain seismik tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding Geser Beton Bertulang Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

#### 5.4.6. Respon Spektrum Desain

Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_o$  , respons percepatan desain,  $S_a$  , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \cdot \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_o} \right)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_o$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$  , spectrum respons percepatan desain

$$S_a = S_{DS}$$

Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$  , respons percepatan desain,  $S_a$  , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana :

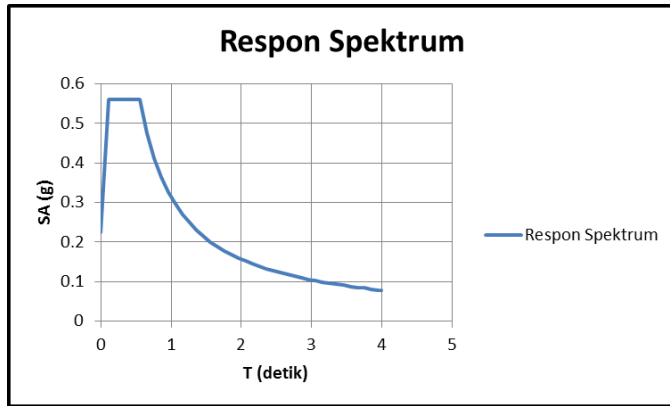
$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,112 \text{ dt} ; T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,559 \text{ dt}$$

Sehingga didapatkan respon spektrum desain sebagai berikut :

**Tabel 5. 4** Respon Spektrum Desain

T (detik)	SA (g)	1.459293	0.215
0	0.224	1.559293	0.201
0.111859	0.561	1.659293	0.189
0.559293	0.561	1.759293	0.178
0.659293	0.476	1.859293	0.169
0.759293	0.413	1.959293	0.16
0.859293	0.365		
0.959293	0.327		
1.059293	0.296		
1.159293	0.271		
1.259293	0.249		
1.359293	0.231		

T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
2.134773	0.111103	4.055873	-0.24415
2.247779	0.090206	4.168879	-0.26504
2.360785	0.069309		
2.473791	0.048412		
2.586797	0.027515		
2.699803	0.006618		
2.812809	-0.01428		
2.925814	-0.03518		
3.03882	-0.05607		
3.151826	-0.07697		
3.264832	-0.09787		
3.377838	-0.11876		
3.490844	-0.13966		
3.603849	-0.16056		
3.716855	-0.18146		
3.829861	-0.20235		
3.942867	-0.22325		



**Gambar 5. 3** Grafik Respon Spektrum Desain

### 5.5. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (T)

$$T = C_u \times T_a$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 15, tipe struktur system rangka pemikul momen menggunakan nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  adalah 0,466, nilai  $x$  digunakan 0,9 dan ketinggian gedung 60,5m.

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$T_a = 0,466 \times 60,5^{0,9}$$

$$T_a = 1,871 \text{ dt}$$

Dimana :

$T_a$  = periode fundamental pendekatan

$C_t$  = koefisien pendekatan

$h_n$  = ketinggian struktur

**Tabel 5. 5** Koefisien Batas Periode Gedung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Perhitungan waktu getar alami fundamental menggunakan rumusan berikut :

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 3.1275 \text{ dt}$$

$$T = 4.3785 \text{ dt}$$

Perioda fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (Cu)

$$T < C_u \times T_a$$

Nilai T didapat dari permodelan ETABS yang telah diinput gaya gempa dinamik.

**Tabel 5. 6** Modal Periode dan Frekuensi

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	2.892	0.306	1.9203	3.6875
Modal	2	2.838	0.309	1.9402	3.7643
Modal	3	2.634	0.353	2.2174	4.917
Modal	4	1.036	0.966	6.0677	36.8175
Modal	5	1.021	0.979	6.1535	37.865
Modal	6	0.73	1.37	8.6056	74.0562
Modal	7	0.566	1.767	11.1027	123.2701
Modal	8	0.543	1.842	11.5759	134.0008
Modal	9	0.367	2.723	17.1093	292.7273
Modal	10	0.341	2.935	18.4429	340.1397
Modal	11	0.325	3.074	19.3132	372.9987
Modal	12	0.266	3.762	23.6392	558.8136
Modal	13	0.234	4.265	26.7987	718.1689
Modal	14	0.209	4.786	30.0711	904.2725
Modal	15	0.194	5.162	32.4337	1051.9456

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis ETABS = 2.892 dt maka:

$$T_{a \text{ manual}} < T_{a \text{ ETABS}} < C_u \times T_a$$

$$3.1275 \text{ dt} < 2.892 \text{ dt} < 4.3785 \text{ dt} \dots \text{"NOT OK"}$$

Oleh Karena Periode gedung tidak memenuhi syarat di atas maka diperlukan perubahan dimensi elemen struktur agar periode gedung dapat memenuhi persyaratan  $T_{a \text{ manual}} < T_{a \text{ ETABS}} < C_u \times T_a$ . Oleh karena itu, Didapatkan Dimensi struktur sebagai berikut :

**Tabel 5. 7 Dimensi Kolom Revisi**

Nama Kolom	Tinggi	b kolom	h kolom
	mm	mm	mm
Kolom lt.Base- 2	5500	1100	1100
Kolom Lantai 3-7	4200	900	900
Kolom Lantai 8-25	4200	700	700

**Tabel 5. 8 Dimensi Balok Revisi**

Nama Balok	Panjang	h pakai	b pakai
	mm	mm	mm
Balok BI1	8000	700	500
Balok BI2	8500	750	500
Balok BI3	2400	700	350
Balok BI4	5500	700	400
Balok BI5	3500	700	350
Balok BI6	3500	700	350
Balok BA1	8000	550	400
Balok BA2	8500	600	400
Balok BA3	3500	350	250
Balok BA4	2100	350	250
Balok BA5	3300	350	250
Balok BA6	1800	350	250

Dari hasil running program bantu ETABS pada perubahan dimensi yang dilakukan pada elemen struktur, didapatkan periode sebagai berikut :

**Tabel 5. 9** Modal Periode dan Frekuensi Revisi

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	3.185	0.314	1.9725	3.8906
Modal	2	3.041	0.329	2.0663	4.2698
Modal	3	2.847	0.351	2.207	4.8709
Modal	4	0.998	1.002	6.2983	39.6691
Modal	5	0.951	1.052	6.6101	43.693
Modal	6	0.736	1.359	8.5407	72.9442
Modal	7	0.553	1.81	11.3701	129.2784
Modal	8	0.505	1.981	12.4455	154.8917
Modal	9	0.363	2.756	17.3189	299.9436
Modal	10	0.326	3.065	19.2571	370.8352
Modal	11	0.323	3.099	19.4692	379.0495
Modal	12	0.265	3.779	23.7452	563.8351
Modal	13	0.231	4.323	27.1628	737.8191
Modal	14	0.209	4.775	30.0016	900.0938
Modal	15	0.191	5.246	32.9613	1086.4477

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis ETABS = 3.159 dt maka:

$$T_{a \text{ manual}} < T_{a \text{ ETABS}} < C_u \times T_a$$

$$3.127 \text{ dt} < 3.185 \text{ dt} < 4.3785 \text{ dt} \dots \text{"OK"}$$

**Tabel 5. 10** Beban Struktur Setelah Revisi Dimensi

Rekap Pembebanan		
Lantai	Dead (Kg)	Live (Kg)
Basement	552816	-
Lantai 1-2	1598494.94	508415.39
Lantai 3-7	1323611.34	254738.4
Lantai 8-24	1246196.94	256908
Lantai 25	1246196.94	508415.39
Total	32551439.5	7129490.97

Sehingga didapatkan sebagai berikut

$$W_{\text{total}} \text{ ETABS} = 395488.4032 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} \text{ Manual} = 396809.3047 \text{ kN}$$

$$\text{Selisih perhitungan manual dengan SAP} = 1.12 \%$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah **benar**.

### 5.6. Kontrol Dsar Geser Dasar ( Base Shear)

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_0}\right)} ; S_{DS} = 0.561 ; I_0 = 1 ; R = 7$$

$$C_s = \frac{0.5611632}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.0802$$

Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9 poin D. No. 3) Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_0}\right)} ; S_{D1} = 0.314 ; I_0 = 1 ; R = 7 ; T = 2,175 \text{ dt}$$

$$C_s = \frac{0.314}{3.272 \cdot \left(\frac{7}{1}\right)} = 0.0137$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$



$$C_s = 0,044 \times 0.561 \times 1$$

$$C_s = 0,0247$$

Maka nilai  $C_s$  diambil **0,0247**

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk bangunan perkantoran 0,3, sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan ( $W$ ) sebagai berikut

**Tabel 5. 11 Berat Efektif Struktur**

Load Case/Combo	FZ
	kN
1D + 0,3L	333,752.7143

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$C_s = 0,0247$$

$$W = 333,752.7 \text{ kN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0247 \times 333,752.7 \text{ kN}$$

$$V = 8463.11 \text{ kN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85V/V_t$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut :

**Tabel 5. 12** Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Quake X Max	26357.948	6881.776
Quake Y Max	8795.3841	20609.42

$$V = 8240.75 \text{ kN}$$

$$V_{xt} = 26357.948 \text{ kN}$$

$$V_{yt} = 20609.42 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$26357.948 \text{ kN} > 0,85 \times 8463.11 \text{ kN}$$

$$26357.948 \text{ kN} > 7193.64 \text{ kN} \dots \textbf{"OK"}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85V$$

$$20609.42 \text{ kN} > 0,85 \times 8463.11 \text{ kN}$$

$$20609.42 > 7193.64 \text{ kN} \dots \textbf{"OK"}$$

Ternyata hasil dari running ETABS tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

## 5.7. Kontrol Dual System

Berdasarkan SNI 1726 – 2012 pasal 7.2.5.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul paling sedikit 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall.

**Tabel 5. 13** Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang dipikul akibat Gempa Arah X dan Y

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	KN	%	KN	%
SW	19054.6404	66.7 %	23043.9004	74.9%
SRPM	9485.4191	33.3%	7697.5545	25.1%
Total	28540.0595	100%	30741.4549	100%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih **besar** dari  $\pm 25\%$ , sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

### 5.8. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%.

**Tabel 5. 14** Modal Partisipasi Massa

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic	Syarat	Keterang an
			%	%		
Modal	Acceleration	UX	99.99	94.09	>90 %	OK
Modal	Acceleration	UY	99.99	92.74	>90 %	OK
Modal	Acceleration	UZ	0	0		

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

### 5.9. Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni,

mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Nilai dari simpangan antar lantai ini dihitung dengan aplikasi program bantu struktur yang selanjutnya batasan simpangan dinyatakan dengan perumusan seperti berikut ini:

Untuk kontrol drift pada SNI 03-1726-2012, dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{XE}}{I}$$

Dimana:

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi( =5.5) (SNI 1726-2012 tabel 9(poin D No.3)

$I$  = faktor keutamaan gedung ( = 1 )

**Tabel 5. 15 Batas Simpangan Gedung**

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 $h_{sx}$ <sup>c</sup>	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen khusus (dual system) , drift dibatasi sebesar :

$$\Delta = 0.020.h_{sx} \\ = 0.020 \times 3.7 = 74 \text{ mm (Lantai basement)}$$

$$\Delta = 0.020.h_{sx} \\ = 0.020 \times 5500 = 110 \text{ mm (Lantai 1 – 2)}$$

$$\Delta = 0.020.h_{sx} \\ = 0.020 \times 4200 = 84 \text{ mm (Lantai 3-25(atap))}$$

**Tabel 5. 16** Gempa Arah X

Story	Load Case/Combo	hi	Max Drift	$\delta i$	$\delta i_{jin}$	keterangan
		m	m	m	m	
Story25	Quake X Max	4.2	0.002254	0.013	0.084	Oke
Story24	Quake X Max	4.2	0.002526	0.014	0.084	Oke
Story23	Quake X Max	4.2	0.002814	0.016	0.084	Oke
Story22	Quake X Max	4.2	0.003156	0.018	0.084	Oke
Story21	Quake X Max	4.2	0.003529	0.02	0.084	Oke
Story20	Quake X Max	4.2	0.003911	0.022	0.084	Oke
Story19	Quake X Max	4.2	0.004292	0.024	0.084	Oke
Story18	Quake X Max	4.2	0.004662	0.026	0.084	Oke
Story17	Quake X Max	4.2	0.005016	0.028	0.084	Oke
Story16	Quake X Max	4.2	0.005348	0.03	0.084	Oke
Story15	Quake X Max	4.2	0.005653	0.032	0.084	Oke
Story14	Quake X Max	4.2	0.005928	0.033	0.084	Oke
Story13	Quake X Max	4.2	0.006167	0.034	0.084	Oke
Story12	Quake X Max	4.2	0.006364	0.036	0.084	Oke
Story11	Quake X Max	4.2	0.006509	0.036	0.084	Oke

Story10	Quake X Max	4.2	0.006579	0.037	0.084	Oke
Story9	Quake X Max	4.2	0.00674	0.038	0.084	Oke
Story8	Quake X Max	4.2	0.006409	0.036	0.084	Oke
Story7	Quake X Max	4.2	0.00635	0.035	0.084	Oke
Story6	Quake X Max	4.2	0.006181	0.034	0.084	Oke
Story5	Quake X Max	4.2	0.005911	0.033	0.084	Oke
Story4	Quake X Max	4.2	0.005487	0.031	0.084	Oke
Story3	Quake X Max	4.2	0.004721	0.026	0.084	Oke
Story2	Quake X Max	5.5	0.003664	0.021	0.11	Oke
Story1	Quake X Max	5.5	0.001185	0.007	0.11	Oke

Tabel 5. 17 Gempa Arah Y

Story	Load Case/Combo	hi	Max Drift	$\delta_i$	$\delta_{ijin}$	keterangan
		m	m	m	m	
Story25	Quake Y Max	4.2	0.004107	0.023	0.084	Oke
Story24	Quake Y Max	4.2	0.004501	0.025	0.084	Oke
Story23	Quake Y Max	4.2	0.004644	0.026	0.084	Oke
Story22	Quake Y Max	4.2	0.004805	0.027	0.084	Oke
Story21	Quake Y Max	4.2	0.004981	0.028	0.084	Oke

Story20	Quake Y Max	4.2	0.005161	0.029	0.084	Oke
Story19	Quake Y Max	4.2	0.00534	0.03	0.084	Oke
Story18	Quake Y Max	4.2	0.005511	0.031	0.084	Oke
Story17	Quake Y Max	4.2	0.005669	0.032	0.084	Oke
Story16	Quake Y Max	4.2	0.005809	0.032	0.084	Oke
Story15	Quake Y Max	4.2	0.005966	0.033	0.084	Oke
Story14	Quake Y Max	4.2	0.006155	0.034	0.084	Oke
Story13	Quake Y Max	4.2	0.00631	0.035	0.084	Oke
Story12	Quake Y Max	4.2	0.006422	0.036	0.084	Oke
Story11	Quake Y Max	4.2	0.006489	0.036	0.084	Oke
Story10	Quake Y Max	4.2	0.006533	0.036	0.084	Oke
Story9	Quake Y Max	4.2	0.006648	0.037	0.084	Oke
Story8	Quake Y Max	4.2	0.005887	0.033	0.084	Oke
Story7	Quake Y Max	4.2	0.005864	0.033	0.084	Oke
Story6	Quake Y Max	4.2	0.005682	0.032	0.084	Oke
Story5	Quake Y Max	4.2	0.005392	0.03	0.084	Oke
Story4	Quake Y Max	4.2	0.005017	0.028	0.084	Oke
Story3	Quake Y	4.2	0.004347	0.024	0.084	Oke

	Max					
Story2	Quake Y Max	5.5	0.003199	0.018	0.11	Oke
Story1	Quake Y Max	5.5	0.001207	0.007	0.11	Oke

Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS. Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, yaitu:

$$\Delta n = \frac{(\delta_2 - \delta_1)Cd}{I} < \Delta a$$

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan



## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

#### **6.1. Umum**

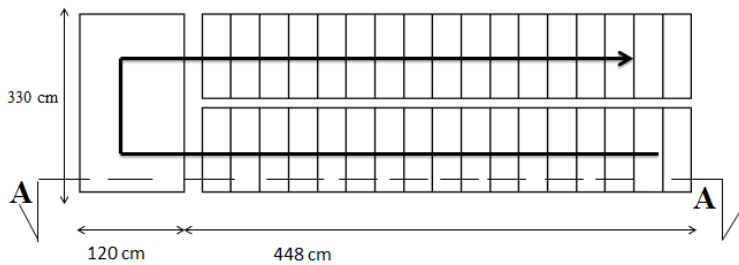
Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

#### **6.2. Perencanaan Tangga**

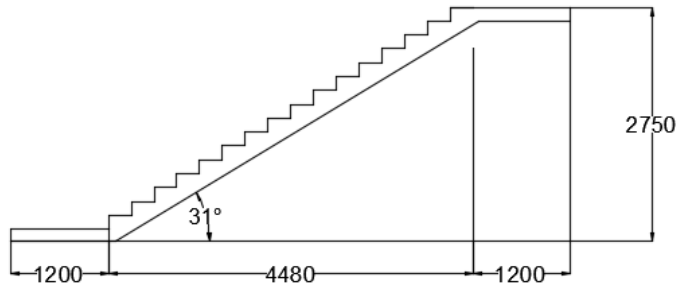
##### **6.2.1. Data-Data Perencanaan Tangga Type-1**

- Tinggi : 550 cm
- Tinggi Injakan (t) : 17 cm
- Lebar Injakan (i) : 28 cm
- Lebar Tangga : 140 cm
- Tebal Pelat Tangga : 15 cm
- Jumlah Tanjakan : 17 buah
- Jumlah Injakan :  $17 - 1 = 16$  buah
- Elevasi Bordes : 275 cm
- Panjang Bordes : 330 cm
- Lebar Bordes : 120 cm
- Tebal Bordes : 15 cm
- Panjang Horizontal Tangga : 448 cm
- Kemiringan Tangga :  $\arctan \alpha \frac{275}{448} = 31^\circ$
- Tebal Pelat rata-rata : Tebal Pelat tangga + tr

Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar 6.1 dan gambar 6.2.



**Gambar 6. 1 Denah Tangga**



**Gambar 6. 2 Potongan A-A tangga**

Cek Syarat

- $60 \leq (2t+i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 17 + 28) \leq 65$   
 $60 \leq 62 \leq 65$  (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 31.5 \leq 40^\circ$  (OK)
- Tebal Pelat anak tangga rata-rata (Tr)  

$$\frac{i}{2} x \sin \alpha = 7.32$$
- Tebal Pelat rata-rata  

$$Tr = 15 + 7.32 = 22.3 \approx 23 \text{ mm}$$

## 6.2.2. Pembebanan Tangga dan Nordes

### a. Pembebanan Tangga

- **Beban Mati**

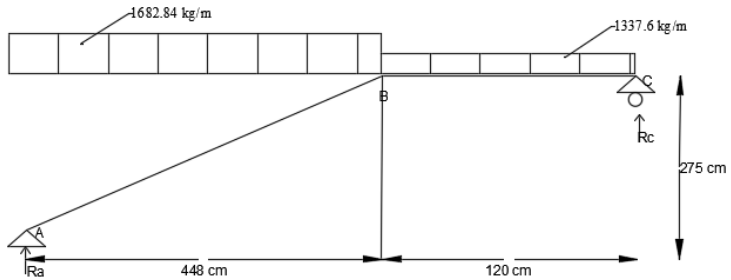
Pelat tangga	$: \frac{0.23 \times 2400 \times 0.85}{\cos 31.5}$	= 647.7 kg/m
Tegel	: 24 x 1	= 24 kg/m
Spesi 2 cm	: 21 x 2	= 42 kg/m
Sandaran/railing	: 50 kg/m	
qd	: 763.7005956	kg/m
<b>• Beban hidup</b>		
ql	: 479	= 479 kg/m
<b>• Kombinasi</b>		
q	: 1.2 x qd + 1.6 x ql	
q	: 1682.84	kg/m

#### b. Pembebanan Bordes

<b>• Beban Mati</b>		
Pelat bordes	: 0.15 x 2400	= 360 kg/m
Spesi 2 cm	: 21 x 2 x	= 42 kg/m
Tegel	: 24	= 24 kg/m
Sandaran/railing	: 50 kg/m	
qd	: 476	kg/m
<b>• Beban Hidup</b>		
ql	: 479	= 479 kg/m
<b>• Kombinasi</b>		
q	= 1.2 qd + 1.6 ql	
q	= 1337.6	kg/m

### 6.2.3. Perhitungan Gaya pada Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan tangga dan output seperti pada gambar 6.3



**Gambar 6. 3** Permodelan Struktur Tangga

**a. Perhitungan Reaksi pada Tangga**

- $\sum M_a = 0$

$$R_c \cdot 5,68 - q_{\text{bordes}} \cdot 1,2(1,2 \cdot 0,5 + 4,48) - q_{\text{tangga}} \cdot 4,48 \cdot 2,24 = 0$$

$$R_c = \frac{1337,6 \times 1,2 \left( \frac{1,2}{2} + 4,48 \right) + 1682,84 \times \frac{4,48}{2} \cdot 3,9}{5,64} = 4408,742 \text{ kg}$$

- $\sum V = 0$

$$R_a - q_{\text{bordes}} \cdot 1,2 - q_{\text{tangga}} \cdot 4,48 - R_c = 0$$

$$\begin{aligned} R_a &= 1337,6 \times 1,2 + 1682,84 \times 4,48 - 4408,742 \\ &= 4735,505 \text{ kg} \end{aligned}$$

**b. Perhitungan Gaya dalam Tangga**

- **Gaya Normal**

- Pada Bordes ( $0 < X < 1,2$ )

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Pada Tangga ( $0 < X < 4,48$ )

$$X = 0 \text{ m}$$

$$N_1 = -R_a \cdot \sin \alpha$$

$$N_1 = -24747 \text{ kg}$$

$$X = 4,48 \text{ m}$$

$$N_2 = N_1 + q \cdot X \cdot \sin \alpha$$

$$N_2 = 642,68 \text{ kg}$$

- **Gaya Lintang**

- Pada Bordes ( $0 < X < 1,2$ )

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_1 = -Rc$$

$$D_1 = -4408.742 \text{ kg}$$

$$X = 1.2 \text{ m}$$

$$D_2 = -Rc + q_b \cdot X$$

$$D_2 = -2803.62168 \text{ kg}$$

- Pada Tangga ( $0 < X < 4.48$ )

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_1 = Ra \cdot \cos \alpha - qt \cdot X \cdot \cos \alpha$$

$$D_1 = 4697.179916 \text{ kg}$$

$$X = 4.48 \text{ m}$$

$$D_2 = Ra \cdot \cos \alpha - qt \cdot X \cdot \cos \alpha$$

$$D_2 = -2780.931752 \text{ kg}$$

#### • Gaya Momen

- Pada Bordes ( $0 < X < 1.2$ )

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_1 = Rc \cdot X - 1/2 \cdot q_b \cdot X \cdot X$$

$$M_1 = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1.2 \text{ m}$$

$$M_2 = Rc \cdot X - 1/2 \cdot q_b \cdot X \cdot X$$

$$M_2 = 4327.418016 \text{ kgm}$$

- Pada Tangga ( $0 < X < 4.48$ )

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_1 = Ra \cdot X - 1/2 \cdot qt \cdot X \cdot X$$

$$M_1 = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 4.48 \text{ m}$$

$$M_2 = Ra \cdot X - 1/2 \cdot qt \cdot X \cdot X$$

$$M_2 = 4327.418016 \text{ kgm}$$

Pada tangga momen maksimum terjadi pada saat :

$$M_{\max} = R_a \cdot X - \frac{1}{2} \cdot q_t \cdot x \cdot x$$

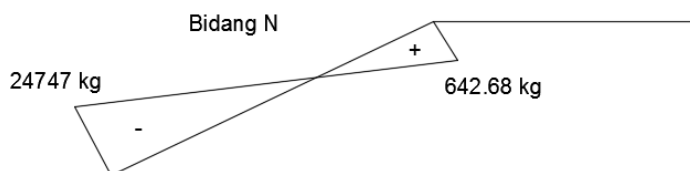
$$D_x = 0$$

$$X = R_a / q_t$$

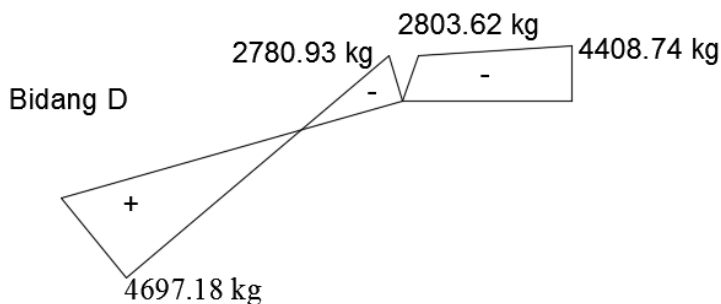
$$X = 2.814 \text{ m}$$

$$M_2 = R_a \cdot X - \frac{1}{2} \cdot q_t \cdot X \cdot X$$

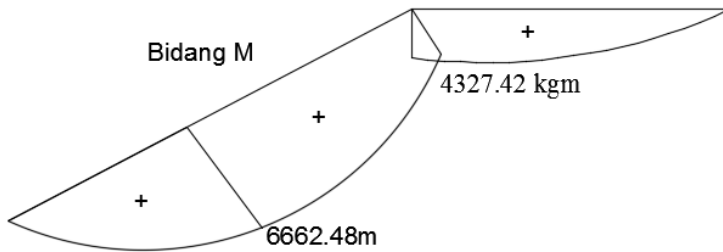
$$M_2 = 6662.842412 \text{ kgm}$$



**Gambar 6. 4** Gaya Normal Tangga



**Gambar 6. 5** Gaya Lintang Tangga



**Gambar 6. 6** Gaya Dalam pada Tangga

### 6.2.4. Perhitungan Tulangan Tangga

#### a. Anak Tangga

##### ➤ Data Perencanaan Penulangan Tangga

- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- Tulangan (D) : D 16
- $d_x$  :  $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$   
:  $150 - 20 - (16/2)$   
: 122 mm
- $\rho_{\min}$  : 0.0018 (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)
- $\beta_1$  :  $0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$   
:  $0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7}$   
: 0.8
- $\rho_b$  :  $\frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
:  $\frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$   
: 0.0333
- $\rho_{\max}$  :  $0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0333 = 0.025$
- $\rho_{\max \text{ pakai}}$  : 0.025
- $m$  :  $\frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.118$

➤ **Penulangan Lentur**

$$Mu = 6662.842412 \text{ kgm} = 66628424.12 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{66628424.12}{0.75 \times 1000 \times 122^2} = 5.97$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{14.118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.118 \times 7.34}{420}} \right)$$

$$= 0.01602 \text{ (dipakai)}$$

$$As \text{ Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.01602 \times 1000 \times 122$$

$$= 1954.87 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$= 201.12 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{As \text{ Perlu}}{As (D16)}$$

$$= \frac{1954.87 \text{ mm}^2}{201.12 \text{ mm}^2}$$

$$\approx 10 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-100 mm**

$$As \text{ Pakai} = n \text{ pakai} \times As (D 16)$$

$$= 10 \times 201.12$$

$$= 2010.619298 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ Tulangan Bagi} = 20 \% \times As \text{ pakai}$$

$$= 20\% \times 2010.619298$$

$$= 402.124 \text{ mm}^2$$

$$As (\phi 10) = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78.57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{As \text{ Tulangan Bagi}}{As (\phi 10)}$$

$$= \frac{402.124}{78.57}$$

$$= 6 \text{ buah}$$



$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{6} = 166.67 \text{ mm}$$

**Digunakan Tulangan bagi  $\phi$  10 – 150 mm**

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u \leq V_c \text{ (SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2)}$$

Komponen struktur dibebani tekan aksial

$$V_c = 0.17 \times \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0.17 \times \left(1 + \frac{2477.35}{14 \cdot 1200 \cdot 230}\right) \times \sqrt{35} \times 1200 \times 122$$

$$= 147333.7938 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{46971.79916}{0.9} = 52190.88795 \text{ N}$$

$V_n < V_c$ , Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Susut**

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d$$

$$= 0.0018 \times 1000 \times 122$$

$$= 219.6 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\phi 10) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78.57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (\phi 10)}$$

$$= \frac{219.6 \text{ mm}^2}{78.57 \text{ mm}^2}$$

$$= 3$$

$$S = \frac{1000}{3}$$

$$= 333.33 \text{ mm}$$

**Digunakan Tulangan susut  $\phi$ 10-250 mm**

**a. Bordes**

➤ **Data Perencanaan Penulangan Tangga**

- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- Tulangan (D) : D 16
- dx :  $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$

$$\begin{aligned}
 & : 150 - 20 - (16/2) \\
 & : 122 \text{ mm} \\
 - \rho_{\min} & : 0.0018 \text{ (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)} \\
 - \beta_1 & : 0.85 - 0.05 \frac{(F_{c'} - 35)}{7} \\
 & : 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} \\
 & : 0.8 \\
 - \rho_b & : \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 & : \frac{0.85 \times 0.764 \times f_{40}}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\
 & : 0.0333 \\
 - \rho_{\max} & : 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0333 = 0.025 \\
 m & : \frac{f_y}{0.85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.118
 \end{aligned}$$

#### ➤ Penulangan Lentur

$$Mu = 6403.224 \text{ kgm} = 64032242.19 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{432741.8016}{0.75 \times 3300 \times 122^2} = 1.175$$

$$\begin{aligned}
 \rho & = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 & = \frac{1}{14.118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.118 \times 1.175}{420}} \right) \\
 & = 0.0029 \text{ (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} & = \rho \times b \times d \\
 & = 0.0029 \times 1000 \times 122 \\
 & = 1149.207621 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D16)} & = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 & = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 & = 201.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} & = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 & = \frac{1149.207621 \text{ mm}^2}{201.14 \text{ mm}^2} \\
 & \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{3300}{6} = 550 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 450 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-250mm**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Pakai} &= n \text{ pakai} \times A_s (\text{D } 16) \\ &= 6 \times 201.14 \\ &= 1206.372 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Tulangan Bagi} &= 20 \% \times A_s \text{ pakai} \\ &= 20\% \times 1206.372 \\ &= 241.2743158 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s (\phi 10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_s \text{ Tulangan Bagi}}{A_s (\phi 10)} \\ &= \frac{241.274 \text{ mm}^2}{78.57} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{1000}{4} \\ &= 333 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan bagi  $\phi 10 - 250 \text{ mm}$**

➤ **Penulangan Geser**

$$V_n \leq V_c \text{ (SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2)}$$

Komponen struktur dibebani lentur saja

$$V_c = 2 \times \sqrt{f_c'} \times \frac{1}{6} \times b_w \times d$$

$$V_c = 2 \times \sqrt{35} \times \frac{1}{6} \times 3300 \times 122 = 793937.907 \text{ N}$$

$$V_u = 44087.4168 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{44087.4168}{0.9} = 48986.018 \text{ N}$$

$$48986.018 \text{ N} < 793937.907 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Susut**

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b_w \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 122 \\ &= 219.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As (\phi 10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78.57 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ Tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{As (\phi 10)} \\
 &= \frac{219.6 \text{ mm}^2}{78.57 \text{ mm}^2} \\
 &= 3 \\
 S &= \frac{1000}{3} \\
 &= 333.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Digunakan Tulangan susut $\phi 10$ -250 mm

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga Tipe 1 dan Tipe 2 (Tabel 6.1)

**Tabel 6. 1**Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Type	Tulangan		
		Lentur	Bagi	Susut
Pelat Tangga	Type 1	D16-100	D10-150	D10-250
Pelat Bordes		D16-100	D10-250	D10-250
Pelat tangga	Type 2	D16-150	D10-250	D10-250
Pelat Bordes		D16-150	D10-250	D10-250

### 6.3. Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat pada tugas akhir ini, terdapat dua jenis pelat, yaitu pelat lantai dan pelat atap. Direncanakan pelat menggunakan half slab, karena untuk mengefisiensi kinerja saat pabriaksi, maka pelat atap direncanakan sama dengan pelat lantai. Berikut adalah macam- macam ukuran pelat :

- Pelat tipe S01 : 400 cm x 800 cm
- Pelat tipe S02 : 850 cm x 400 cm
- Pelat tipe S03 : 220 cm x 800 cm
- Pelat tipe S04 : 210 cm x 200 cm
- Pelat tipe S05 : 210 cm x 120 cm

- Pelat tipe S06 : 210 cm x 230 cm
- Pelat tipe S07 : 180 cm x 350 cm
- Pelat tipe S08 : 180 cm x 220 cm
- Pelat tipe S09 : 400 cm x 350 cm
- Pelat tipe S10 : 400 cm x 230 cm
- Pelat tipe S11 : 400 cm x 150 cm
- Pelat tipe S12 : 330 cm x 120 cm

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 15 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 10 cm dan pelat cor setempat / overtopping 5 cm. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013). Desain pelat direncanakan pada beberapa kondisi, yaitu:

1. Kondisi pelat saat pengangkatan, keadaan ini terjadi pada saat instalasi pelat half slab, dimana terjadi pengangkatan pelat dan peletakan pelat ke posisi yang ditentukan
2. Kondisi saat sebelum Komposit/ Overtopping, keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban, perletakkan pelat pada kondisi diasumsikan sebagai perletakkan bebas.
3. Sesudah komposit, keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakkan pelat dianggap sebagai perletakkan terjepit elastis.

Permodelan pelat utama perletakkan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakkan bebas dengan tulangan lapangan saja.

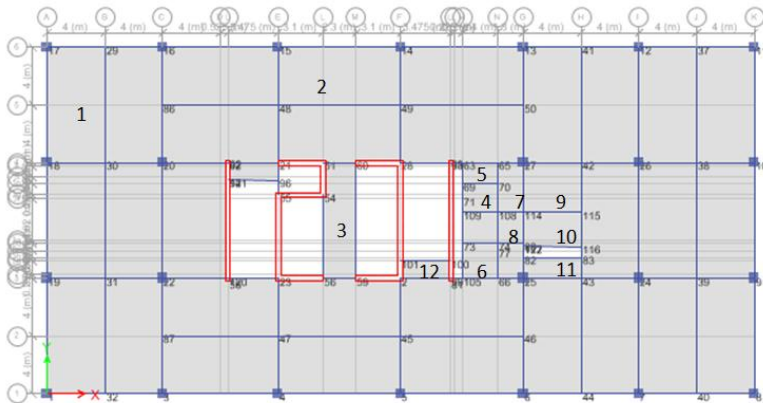
Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakkan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada 3 keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan

pelat pracetak. Berikut merupakan contoh perhitungan pelat tipe 1.

### 6.3.1. Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan untuk perencanaan pelat *Half Slab* type 1 yang akan digunakan untuk perhitungan :

- Tebal Pelat Full Slab : 15 cm
- Tebal Pelat Half Slab : 10 cm
- Mutu Beton : 35 Mpa
- Mutu Baja : 420 Mpa
- Tebal Selimut : 40 mm
- Diameter Tulangan (D) : 10 mm
- Panjang Pelat : 8 m
- Lebar Pelat : 4 m
- Ln : 7.3 m
- Sn : 3.35 m
- $\beta$  :  $\frac{7.3}{3.35} = 2.42 > 2$  (pelat 1 Arah)



**Gambar 6. 7 Pelat Lantai Type 1**

### 6.3.2. Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan SNI 1727 : 2013 sesuai dengan fungsi bangunan hotel.

## ➤ Sebelum Overtopping

- Beban Mati
 

Pelat Lantai	$= 0.1 * 2400$	$= 240 \text{ kg/m}^2$
Qd		$= 240 \text{ kg/m}^2$
Qu	$= 1.4 * 240$	$= 336 \text{ kg/m}^2$

## ➤ Sebelum Komposit(setelah overtopping)

- Beban Mati
 

Pelat Lantai	$= 0.1 \times 2400$	$= 240 \text{ kg/m}^2$
Overtopping	$= 0.05 \times 2400 \times 1.5$	$= 180 \text{ kg/m}^2$

(dikali 1.5 untuk pembesaran beban untuk mengantisipasi proses pengecoran yang tidak selalu merata di atas pelat)

qd	$= 240 + 180$	$= 420 \text{ kg/m}^2$
----	---------------	------------------------
- Beban Hidup
 

Beban orang	$= 100 \text{ kg/m}^2$
ql	$= 100 \text{ kg/m}^2$
- Kombinasi Beban
 

q	$= 1.2 D + 1.6 L$
q	$= 1.4 \cdot 420 \text{ kg/m}^2 + 1.6 \cdot 100$
q	$= 664 \text{ kg/m}^2$

## ➤ Setelah Komposit

- Beban Mati
 

Pelat lantai	$= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
Plafon + penggantung	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Tegel	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Spesi (2 cm)	$= 21 \text{ kg/m}^2$
Ducting + Plumbing	$= 30 \text{ kg/m}^2$
qd	$= \sum \text{beban mati} = 474 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup
 

Beban lobby & atap	$= 479 \text{ kg/m}^2$
Beban ruang kantor	$= 240 \text{ kg/m}^2$
ql (ambil terbesar)	$= \sum \text{beban hidup} = 479 \text{ kg/m}^2$
- Kombinasi Beban

$$\begin{aligned}
 q &= 1.2 D + 1.6 L \\
 q &= 1.2 \times 474 + 1.6 \times 479 \\
 q &= 1335.2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

➤ **Sebelum Overtopping (pengangkatan)**

➤ Partisi pelat ukuran 4 x 2 m

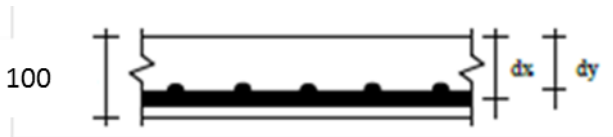
- $L_n$  = 3.55 m
- $S_n$  = 1.725 m
- Tebal pelat precast = 10 cm
- $f'_c$  (umur 14 hari) =  $0.88 \times 35$   
= 30.8 Mpa

Untuk beton  $f'_c$  35 Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{30. - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.83$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 100 - 40 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 55 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 100 - 40 - 10 - 10$$

$$dy = 45 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 30.8}$$

$$m = 16.043$$



$\rho_{\min} = 0.0018$  (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.030433$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0.022825 = 0.023$$

- Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 336 \times 3.55^2$$

$$M = 529.305 \text{ kgm}$$

- Penulangan Arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$R_n = \frac{529.305 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 55^2}$$

$$R_n = 1.94 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{16.043} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 1.94}{420}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.004815 > \rho_{\min} = 0.0018$$

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.004815 \times 1000 \times 55$$

$$= 264.824 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D10)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{Tulangan}} &= 78.57 \text{ mm}^2 \\
 &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As(D10)} \\
 &= \frac{264.824}{78.57} \\
 &\approx 4 \text{ buah} \\
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{4} \\
 &= 250 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 As_{\text{pakai}} &= n \times As(D10) \\
 &= 4 \times 78.57 \\
 &= 314 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Digunakan tulangan lentur arah x D10 -250 mm**

**• Penulangan Arah Y**

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0.0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}
 As_{\text{Perlu}} &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\
 &= 81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As(D10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{Tulangan}} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As(D10)} \\
 &= \frac{81}{78.57} \\
 &\approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\
 &= 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pakai}} &= n \times As(D10) \\
 &= 2 \times 78.57 \\
 &= 157.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan susut arah y D10-400 mm**

➤ **Sebelum komposit (setelah overtopping)**

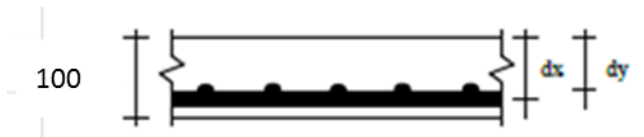
- Partisi pelat ukuran 4 x 2 m
  - $L_n = 3.55 \text{ m}$
  - $S_n = 1.725 \text{ m}$
  - Tebal pelat precast = 10 cm
  - $f'_c$  (umur 14 hari) =  $0.88 \times 35$   
= 30.8 Mpa

Untuk beton  $f'_c$  35 Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{30.8 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.83$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 100 - 40 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 55 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 100 - 40 - 10 - 10$$

$$dy = 45 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 30.8}$$

$$m = 16.043$$

$$m = 16.043$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1)}$$

(b))

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho b = 0.030433$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho b$$

$$\rho_{\max} = 0.022825 = 0.023$$

• Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 664 \times 3.55^2$$

$$M = 1046.0075 \text{ kgm}$$

• Penulangan Arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{1046.0075 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 55^2}$$

$$Rn = 3.84 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{3.84} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 3.84}{420}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.00994 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times dx$$

$$= 0.00994 \times 1000 \times 55$$

$$= 546.724 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D10)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78.57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{ Tulangan}} &= \frac{As_{\text{ perlu}}}{As (D10)} \\
 &= \frac{546.724}{78.57} \\
 &\approx 7 \text{ buah} \\
 S_{\text{ tulangan}} &= \frac{1000}{7} \\
 &= 142.86 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 As_{\text{ pakai}} &= n \times As (D10) \\
 &= 7 \times 78.57 \\
 &= 549.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Digunakan tulangan lentur arah x D10 -125 mm**

#### • Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0.0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}
 As_{\text{ Perlu}} &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\
 &= 81 \text{ mm}^2 \\
 As (D10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78.57 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{ Tulangan}} &= \frac{As_{\text{ perlu}}}{As (D10)} \\
 &= \frac{81}{78.57} \\
 &\approx 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{ tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\
 &= 500 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 As_{\text{ pakai}} &= n \times As (D10) \\
 &= 2 \times 78.57 \\
 &= 157.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan Susut arah Y D10-400 mm**

➤ **Setelah Komposit**

Untuk beton  $f_c' = 40$  Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

Ukuran pelat 8 x 4 m

- $L_n = 7.3$  m
- $S_n = 3.55$  m
- Tebal pelat precast = 15 cm
- $f_c'$  (umur 14 hari) = 35 Mpa

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{35 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.8$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 150 - 40 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 105 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 150 - 40 - 10 - 10$$

$$dy = 90 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 35}$$

$$m = 14.118$$

$\rho_{\min} = 0.0018$  (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho b = 0.00333$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho b$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

• Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapngan

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 1135.2 \times 3.35^2$$

$$M = 1873.03525 \text{ kgm}$$

• Penulangan Arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{1873.03525 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 105^2}$$

$$Rn = 1.888 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{14.118} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.118 \times 1.888}{420}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.0046 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0046 \times 1000 \times 105 \\ &= 487.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{ Tulangan}} &= \frac{As_{\text{ perlu}}}{As (D10)} \\
 &= \frac{487.92}{78.57} \\
 &\approx 7 \text{ buah} \\
 S_{\text{ tulangan}} &= \frac{1000}{7} \\
 &= 142.25 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 As_{\text{ pakai}} &= n \times As (D10) \\
 &= 7 \times 78.57 \\
 &= 549.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan Lentur Arah X D10-125 mm**

• **Penulangan Arah Y**

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0.0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}
 As_{\text{ Perlu}} &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 90 \\
 &= 162 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As (D10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{ Tulangan}} &= \frac{As_{\text{ perlu}}}{As (D10)} \\
 &= \frac{162}{78.57} \\
 &\approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{ tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\
 &= 333.333 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{ pakai}} &= n \times As (D10) \\
 &= 3 \times 78.57 \\
 &= 235.71 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan susut arah y D10-300 mm**



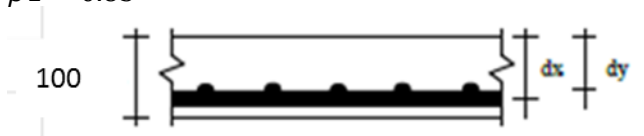
### ➤ Pengangkatan

Pada saat pengangkatan diasumsikan umur beton masih 14 hari sehingga mutu beton  $f_c' = 0.88 \times 35 \text{ Mpa} = 30.8 \text{ Mpa}$  berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{30.8 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.83$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 100 - 40 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 55 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 100 - 40 - 10 - 10/2$$

$$dy = 45 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 30.8}$$

$$m = 16.043$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1)}$$

(b))

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.030433$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0.023$$

- Perhitungan Momen akibat Pengangkatan saat Instansi

Berdasarkan *Pci Handbook 6<sup>th</sup>* Pasal 5.3, momen yang terjadi pada saat pengangkatan 4 titik angkat sebagai berikut:

$$M_x = 0.0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0.0107 \times w \times a \times b^2$$

Dimana,

$$W = h_{\text{precast}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W = 0.1 \times 2400$$

$$W = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 2 \text{ m}$$

$$b = 4 \text{ m}$$

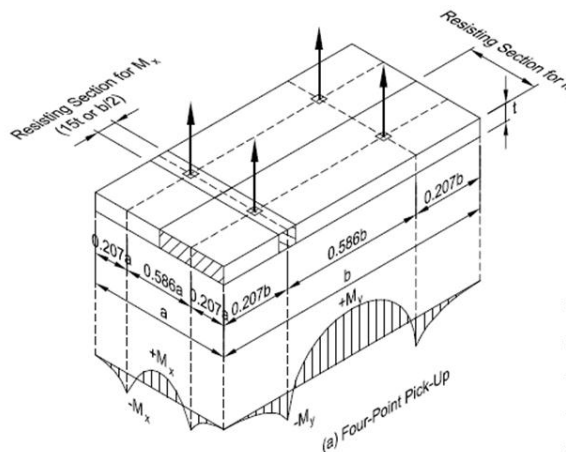
sehingga,

$$M_x = 0.0107 \times 240 \times 2^2 \times 4$$

$$M_x = 41.088 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.0107 \times 216 \times 2 \times 4^2$$

$$M_y = 82.176 \text{ kgm}$$



**Gambar 6.8** Momen Pengangkatan

(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004*)

• **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{41.088 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 55^2}$$

$$Rn = 0.225 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{16.043} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 0.225}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.00054 < \rho \text{ min} = 0.0018, \text{ pakai } \rho \text{ min}$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 55 \\ &= 99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{99}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan lentur arah X D10 – 400 mm**

• **Penulangan arah Y**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\emptyset=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{82.176 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 55^2}$$

$$Rn = 0.451 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{16.043} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 0.225}{420}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00108 < \rho_{\text{min}} = 0.0018, \text{ pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 55 \\ &= 99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Tulangan}} &= \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{99}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan lentur arah Y D10 – 400 mm**

### 6.3.3. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik  $l_d$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

- $l_d > 300 \text{ mm}$

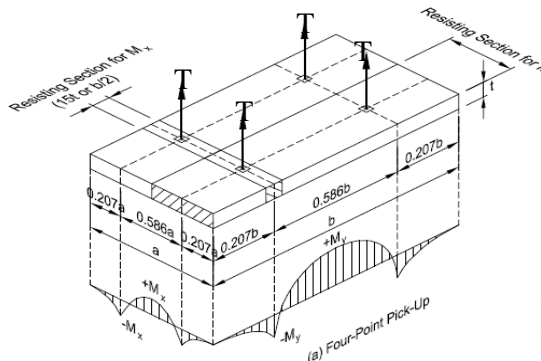
$$ld > \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$ld > \left( \frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{35}} \right) 10 = 338.1 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik  
 $ld = 350 \text{ mm}$

#### 6.3.4. Pengangkatan Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe 1 dengan dimensi 4 x 2 m dengan 4 titik pengangkatan



**Gambar 6. 9** Jarak Tulangan Angkat

(Sumber: *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004*)

- Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times p \times l \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.09 \times 2 \times 4 \times 2400 \\ &= 1920 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$$K = \text{factor kejut} = 1.2 \text{ (PCI Design Handbook 6th Edition, 2004)}$$

$$q = 1.2 \times 1.4 \times 1920 = 3225.6 \text{ Kg}$$

Gaya angkat  $T_u$  setiap tulangan :

$$T_u = \frac{q}{4}$$

$$T_u = \frac{3225.6}{100}$$

$$T_u = 8.064 \text{ kN}$$

$$T_u = 8.064 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{f_y}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 8.064 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 6 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D10

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{pelat} < \sigma_{ijin}$$

Dimana,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f_c'}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{30.8}}{1.5} = 2.59 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Berdasarkan *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2, momen diperhitungkan dari arah x dan arah y, diambil yang memiliki momen paling besar.

$$M_x = 0.0107 \times 240 \times 2^2 \times 4$$

$$M_x = 41.088 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.0107 \times 240 \times 2 \times 4^2$$

$$M_y = 82.176 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{200}{2} \times (10)^2$$

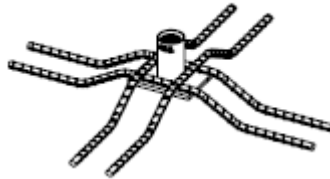
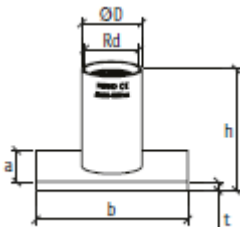
$$Z = 1666.67 \text{ cm}^3$$

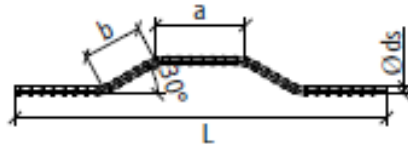
$$\sigma_{\text{Pelat}} = \frac{1666.67 \times 10000}{82.176 \times 1000}$$

$$\sigma_{\text{pelat}} = 0.49 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2.59 \text{ Mpa (OK)}$$

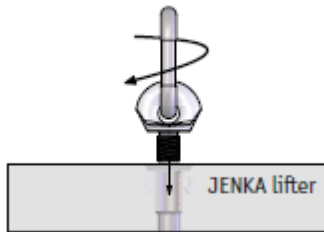
• **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ . ( Brosur Terlampir)





**Gambar 6. 10** Profil PSA dan Perkuatan



**Gambar 6. 11** Kait Jenka Lifter

### 6.3.5. Kontrol Lendutan Pelat Saat Komposit

Kontrol lendutan dihitung untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi saat komposit, dimana beban hidup sudah mulai bekerja. Pehitungan lendutan pelat dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 9.5. sebagai berikut:

- Data Perencanaan

$$\begin{aligned} h &: 150 \text{ mm} \\ b &: 8000 \text{ mm} \\ y_t &: \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja

$$q_{\text{pelat}} : 3460.2 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 8000 \times 150^3$$

$$I_g = 2053125000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$



$$fr = 0.62 \sqrt{35}$$

$$fr = 3.67 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{fr \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.67 \times 2053125000}{75 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 100.4 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = 48.54 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$100.4 \text{ kNm} > 48.54 \text{ kNm} \rightarrow$  tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

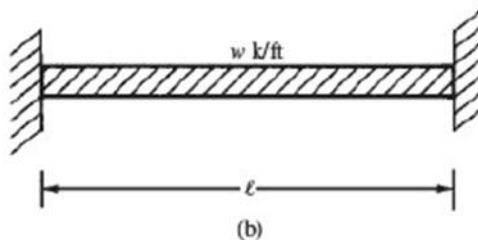
$$I_e = 2053125000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{35}$$

$$E_c = 27805.57 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 6.12



**Gambar 6. 12** Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 34.60 \times 3550^4}{384 \times 27805.57 \times 2053125000}$$

$$\delta D = 0.99 \text{ mm}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup  
q pelat : 6959.6 kg/m

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 7300 \times 150^3$$

$$I_g = 2053125000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{35}$$

$$f_r = 3.67 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{3.67 \times 2053125000}{75 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 100.4 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 6959.6 \times 3.55^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 97.59 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$100.4 \text{ kNm} > 97.59 \text{ kNm} \rightarrow$  tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

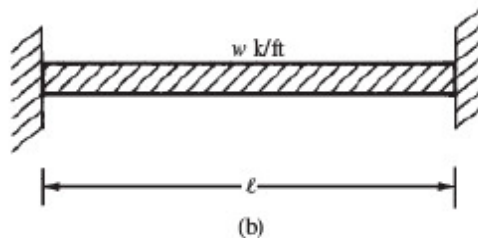
$$I_e = 2053125000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{fc'}$$

$$Ec = 4700\sqrt{35}$$

$$Ec = 27805.57 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.



**Gambar 6. 13.** Defleksi pada Pelat

$$\delta(D + L) = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times Ec \times Ie}$$

$$\delta(D + L) = \frac{5 \times 69.59 \times 3550^4}{384 \times 27805.57 \times 2053125000}$$

$$\delta(D + L) = 1.99 \text{ mm}$$

Lendutan yang dihitung pada pelat adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sehingga didapatkan lendutan seketika akibat beban hidup sebagai berikut :

$$\delta L = \delta(D + L) - \delta D$$

$$\delta L = 1.99 - 0.99$$

$$\delta L = 1 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.2.5, lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dihitung berdasarkan factor tergantung waktu, sebagai berikut:

**Tabel 6. 2** Faktor Lendutan Jangka Panjang

Durasi Pembebanan	Faktor waktu
5 Tahun/ lebih	2
12 bulan	1.4

6 bulan	1.2
3 bulan	1

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta L(\text{long term}) = \delta L(\text{short term}) \times \epsilon$$

$$\delta L(\text{long term}) = 1 \text{ mm} \times 2$$

$$\delta L(\text{long term}) = 2 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{l}{480}$$

$$\delta_{izin} = \frac{4000}{480}$$

$$\delta_{izin} = 8.33 \text{ mm}$$

$$\delta_{izin} > \delta L(\text{long term})$$

$$8.33 \text{ mm} > 2 \text{ mm} \text{ (OK !)}$$

Lendutan izin yang disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut :

**Tabel 6. 3 Lendutan Izin Maksimum**

Jenis Komponen Struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap Dasar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	1/180
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	1/360
Jenis Komponen Struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika,	1/480
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang tidak mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar		1/240

### 6.3.6. Kontrol Lendutan Pelat saat Pengangkatan

- Data Perencanaan

Ukuran pelat 2 x 4

h : 100 mm

$$b : 4000 \text{ mm}$$

$$y_t : \frac{h}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ mm}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja

$$q \text{ pelat} : 1680 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 4000 \times 100^3$$

$$I_g = 333333333.3 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{30.8}$$

$$f_r = 3.44 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.44 \times 333333333.3}{50 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 22.94 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = 6.25 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$22.94 \text{ kNm} > 6.25 \text{ kNm} \rightarrow$  tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

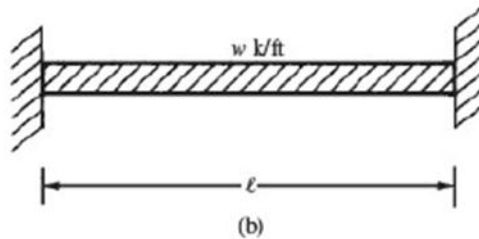
$$I_e = 2053125000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{30.8}$$

$$E_c = 26083.94 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 6.12



**Gambar 6. 14** Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times Ec \times Ie}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 16.80 \times 3550^4}{384 \times 26083.94 \times 333333333.3}$$

$$\delta D = 3.99 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{l}{480}$$

$$\delta_{izin} = \frac{4000}{480}$$

$$\delta_{izin} = 8.33 \text{ mm}$$

$$\delta_{izin} > \delta D \text{ pengangkatan}$$

$$8.33 \text{ mm} > 3.99 \text{ mm (OK !)}$$

Berikut tabel rekapitulasi penulangan pelat lantai pada perkantoran One Galaxy :

**Tabel 6. 4** Rekapitulasi Penulangan Pelat

Pelat	Penulangan sesuai Kondisi					
	Sebelum Overtopping		Sesudah OverTopping		Sesudah Komposit	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Pelat Type 1	D10-250	D10-400	D10-125	D10-400	D10-125	D10-300
Pelat Type 2	D10-250	D10-400	D10-100	D10-400	D10-125	D10-300
Pelat Type 3	D10-250	D10-400	D10-100	D10-400	D10-125	D10-300
Pelat Type 4	D10-400	D10-400	D10-250	D10-300	D10-300	D10-300
Pelat Type 5	D10-400	D10-400	D10-400	D10-400	D10-300	D10-300
Pelat Type 6	D10-400	D10-400	D10-400	D10-400	D10-300	D10-300
Pelat Type 7	D10-300	D10-400	D10-125	D10-400	D10-300	D10-300
Pelat Type 8	D10-400	D10-400	D10-300	D10-300	D10-400	D10-400
Pelat Type 9	D10-400	D10-400	D10-250	D10-300	D10-300	D10-300
Pelat Type 10	D10-400	D10-400	D10-250	D10-300	D10-300	D10-300
Pelat Type 11	D10-250	D10-400	D10-100	D10-400	D10-300	D10-300
Pelat Type 12	D10-300	D10-400	D10-125	D10-400	D10-300	D10-300

Pelat	Penulangan Pakai			Tegangan saat		Lendutan	
	Tulangan Pakai		Tulangan Angkat	$\sigma$ pelat (Mpa)	$\sigma$ Ijin (Mpa)	Lendutan	Lendutan
	Arah X	Arah Y				Longterm	Izin (mm)
Pelat Type 1	D10-125	D10-300	D10	0.49	2.59	2	8.33
Pelat Type 2	D10-100	D10-300	D10	0.49	2.59	2.39	8.33
Pelat Type 3	D10-100	D10-300	D10	0.48	2.59	0.24	4.58
Pelat Type 4	D10-250	D10-300	D10	0.21	2.59	0.1	4.2
Pelat Type 5	D10-300	D10-300	D10	0.19	2.59	0.02	3.125
Pelat Type 6	D10-300	D10-300	D10	0.21	2.59	0.1	4.2
Pelat Type 7	D10-125	D10-300	D10	0.38	2.59	0.53	3.75
Pelat Type 8	D10-300	D10-300	D10	0.15	2.59	0.066	3.75
Pelat Type 9	D10-250	D10-300	D10	0.49	2.59	1.64	7.29
Pelat Type 10	D10-250	D10-300	D10	0.57	2.59	1.89	4.79
Pelat Type 11	D10-100	D10-300	D10	0.49	2.59	0.26	3.12
Pelat Type 12	D10-125	D10-300	D10	0.4	2.59	0.09	3.96

## 6.4. Desain lift dan Balok Penggantung Lift

### 6.4.1. Data Desain

Desain yang dilakukan pada lift ini meliputi balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Sigma Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Lift : Passenger Elevator

Brand : Sigma Elevator

Kapasitas : 1150 Kg

Kecepatan : 100 m/min

Dimensi sangkar ( car size )

– Car Wide (CW) : 2000 mm

– Car Depth (CD) : 1350 mm

– Opening : 900 mm

Dimensi ruang luncur ( Hoistway )

– Hoistway width (HW) : 5250 mm

– Hoistway Depth (HD) : 2050 mm

Beban reaksi ruang mesin

R1 : 8000 kg

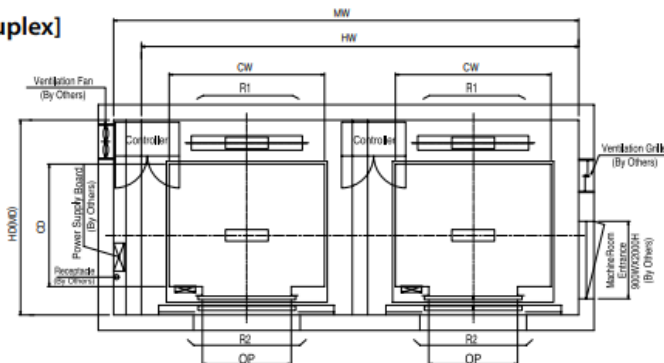
R2 : 5200 kg

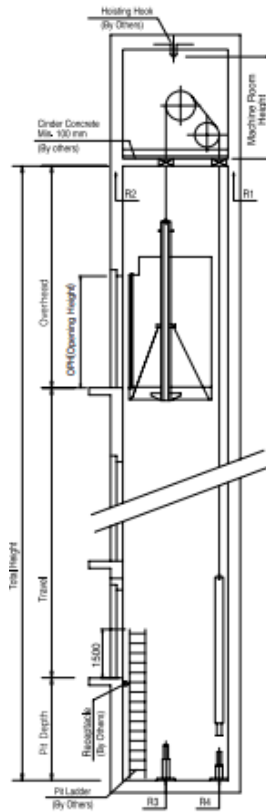
Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel 6.5 :



**Tabel 6. 5** Spesifikasi Mesin Lift Sigma

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

**[Duplex]****Gambar 6. 15** Denah Lift



**Gambar 6. 16** Potongan Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 500 x 200 x 9 x 14, dengan data sebagai berikut :

W	= 79.5 kg/m	r	= 14 mm
A	= 101.3 cm <sup>2</sup>	h	= 488 mm
d	= 496 mm	Zx	= 1836 cm <sup>3</sup>
bf	= 199 mm	Ix	= 41900 cm <sup>4</sup>
tw	= 9 mm	Iy	= 1840 cm <sup>4</sup>
tf	= 14 mm	Sx	= 1690 cm <sup>3</sup>

### 6.4.2. Pembebanan Balok Lift

#### Beban Mati

Berat profil balok penggantung = 79.5 kg/m

Berat sambungan. dll (10%) = 7.95 kg/m

Qu ultimate = 1,4 x 87.45 = 122.43 kg/m

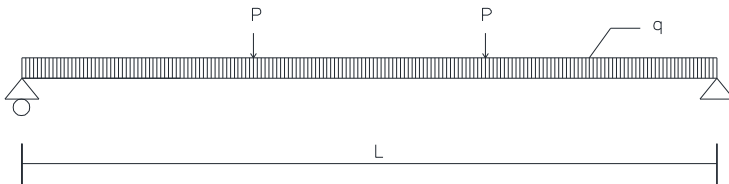
#### Beban Terpusat Lift

Pasal 4.6 pada SNI 1727:2013 tentang *impact load* menerangkan bahwa semua beban *elevator* harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-driven. Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$P_u = R. KLL = (8000) \times (1+50\%) = 12000 \text{ kg}$

$P_u = R. KLL = (5200) \times (1+50\%) = 7800 \text{ kg}$

#### Perhitungan Gaya Dalam



**Gambar 6. 17** Sketsa Pembebanan Balok Lift

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \times L + P = 12336.68 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} q_u \times L^2 + \frac{1}{4} P \times L$$

$$= 16962.94 \text{ kg-m}$$

### 6.4.3. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Penampang

Elemen balok direncanakan menggunakan profil WF sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015 Tabel B4.1b yaitu :

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{199}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,11 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Kontrol Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{488}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$54,2 \leq 109,18 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Profil yang direncanakan berpenampang kompak sehingga

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y = 1836 \times 2500 = 4590000 \text{ kg.cm} = 45900 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 45900 \text{ kg.m} = 41310 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u = 16962,94 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral,  $L_b = 550 \text{ cm}$

Profil dengan mutu baja yang telah ditentukan memiliki  $L_p$  dan  $L_r$  sebagai berikut.

$$L_p = 212,562 \text{ cm}$$

$$L_r = 611,376 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y \times S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \leq 2,3$$



**Gambar 6. 18** Posisi  $M_a$ ,  $M_b$ , dan  $M_c$

$$M_b = M_{\max} = 16962.94 \text{ kg.m}$$

$$M_a = M_c = 45900 \times 1,375 - 122.43 \times \frac{1,375^2}{2} = 62996.76 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 16962.94}{6,5(16962.94) + 6(62996.76)} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,4$$

$$M_n = 1,4 \left[ 4590000 - (4590000 - 0,7(2500) \times 1690) \left( \frac{550 - 212.562}{611.376 - 212.562} \right) \right]$$

$$M_n = 2502351.7 \text{ kg.cm} = 25023.52 \text{ kg.m}$$

Sehingga kapasitas momen diambil yang terkecil yaitu momen kapasitas penampang sebesar,  $M_n = 25023.52 \text{ kg.m}$

$$\phi M_n = 0,9 \times 25023.52 \text{ kg.m} = 22521.16 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u \quad 16962.94 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK}$$

#### 6.4.4. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{488}{9} = 54.2 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 260 \rightarrow k_v = 5$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{488}{9} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{250}} \rightarrow 54.2 \leq$$

$$69,6$$

$$\text{maka, } C_v = 1$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga, } V_n &= 0,6 \times f_{yw} \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50 \times 0,9 \times 1 \\ &= 67500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 67500 \\ &= 60700 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n > V_u \rightarrow \text{OK}$$

### 6.4.5. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{550}{360} = 1,53 \text{ cm} \\
 f_{terjadi} &= \frac{5}{384} \left[ \frac{q_D L^4}{EI_x} \right] + \frac{R_1 L^3}{48 EI_x} \\
 f_{terjadi} &= \frac{5}{384} \left[ \frac{0,87,45 \times 550^4}{2 \times 10^6 \times 41900} \right] + \frac{8000 \times 550^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 41900} \\
 f_{terjadi} &= 0.3433 \text{ cm} \\
 f_{terjadi} &\leq f_{ijin} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kontrol yang dilakukan di atas maka profil WF 500 x 200 x 9 x 14 memenuhi persyaratan dan dapat digunakan.

### 6.5. Perencanaan Balok Anak Pracetak

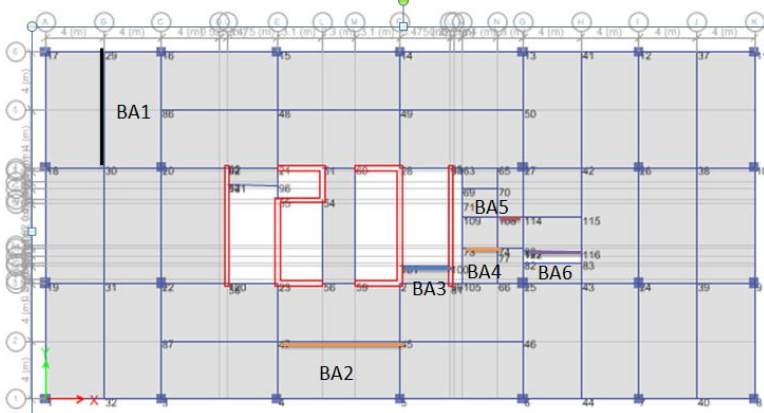
Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada di balok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

#### 6.5.1. Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain saat balok komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit. Contoh perhitungan pada balok anak BA1:

- Dimensi Komposit : 40 x 55 cm
- Dimensi Halfbeam : 40 x 40 cm
- Tebal Overtopping Balok : 15 cm
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- $L$  : 8 m

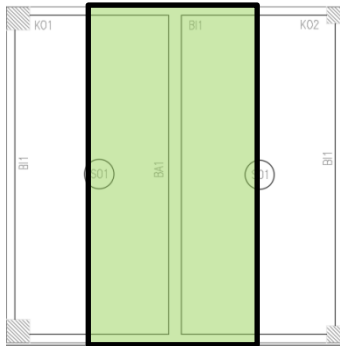
- $L_x$  :  $L - b_{\text{balok induk}}$   
:  $4 - 0.4 \text{ m}$   
:  $7.6 \text{ m}$
- $D_{\text{longitudinal}}$  :  $22 \text{ mm}$
- $D'_{\text{transversal}}$  :  $10 \text{ mm}$
- Decking ( $d'$ ) :  $40 \text{ mm}$



**Gambar 6. 19** Denah Balok Anak

### 6.5.2. Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.22. berikut:



**Gambar 6. 20** Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

• **Beban Mati**

- Berat Sendiri :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
:  $0.4 \times 0.4 \times 2400$   
: 384 kg/m
- qd : 384 kg/m

• **Kombinasi Beban**

- qu :  $1.4 \times qd$   
qu :  $1.4 \times 384$   
qu : 537.6 kg/m

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit/ setelah overtopping**

Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.

• **Beban Mati**

- Berat sendiri Balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
:  $0.4 \times 0.4 \times 2400$   
: 384 kg/m
- Berat Overtopping :  $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
:  $0.4 \times 0.15 \times 2400$   
: 144 kg/m



- Berat Pelat : 360 kg/m<sup>2</sup>  
(berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)
- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$  (pelat type 4)  
: 4 m x 8 m  
: 32 m<sup>2</sup>
- qd : 384 + 144 + (360 x 32)  
: 2043.79 kg/m
- Beban hidup : 100 kg/m
- ql : 100 kg/m
- Kombinasi Beban
  - qu : 1.2 \* qd + 1.6 \* ql  
: 1.2\*2043.79 + 1.6\*100  
: 2612.55 kg/m

### 6.5.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

#### a. Perhitungan Tulangan Lantur Sebelum overtopping

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

Pada saat Pemasangan Balok anak, beton baru berumur 14 hari sehingga perlu ada koreksi nilai  $f'_c$  yaitu  $0.88 \times 35 \text{ Mpa} = 30.8 \text{ Mpa}$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{30.8}}{420} = 0.003303$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(30.8 - 28)}{7} = 0.83$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2))}$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times 0.83 \times 30.8}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.05174$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.05174 = 0.0388$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 30.8} = 16.043$$

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}22 = 339 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times q_u \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 537.6 \times 7.6^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 3881.472 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$S_{\text{perlu}} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{452}{380.28} \\
 n \text{ tulangan} &\approx 2 \text{ buah} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{400 - 2 \times 22 - \frac{n-1}{2} \times 40 - 2 \times 10} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{256 \text{ mm}}{2-1} \\
 S \text{ tulangan} &= 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)} \\
 As \text{ pakai} &= n \times A (D22) \\
 As \text{ pakai} &= 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{400 - 2 \times 22 - \frac{n-1}{2} \times 40 - 2 \times 10}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{256 \text{ mm}}{2-1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{3881.472 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 339^2} = 0.94 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16.043} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 0.94}{420}} \right)$$

$$= 0.00227$$

$\rho_{min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho_{min} = 0.003333$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = \rho_{min} \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D22**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{760.57}{400 \times 339} = 0.0056 > 0.00333(ok)$$

$$a = \frac{AS \times f_y}{0.85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{760.57 \times 420}{0.85 \times 400 \times 30.8} = 30.5 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\beta_1}{30.5}$$

$$c = \frac{0.83}{30.5} = 36.75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{339 - 36.75}{36.75} \times 0.003 = 0.0247 > 0.005 (ok)$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$S_{perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS_{perlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{b_w - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm} (ok)$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif lapangan 2D22**

b. Perhitungan Tulangan Lantur Setelah overtopping

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

Pada saat Pemasangan Balok anak, beton baru berumur 14 hari sehingga perlu ada koreksi nilai  $f'_c$  yaitu  $0.88 \times 35 \text{ Mpa} = 30.8 \text{ Mpa}$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{30.8}}{420} = 0.003303$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1})$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \quad (\text{menentukan})$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (\text{SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(30.8 - 28)}{7} = 0.83$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2)})$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.83 \times 30.8}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.05174$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \quad (\text{menentukan}) \quad (\text{SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3)})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.05174 = 0.0388$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 30.8} = 16.043$$

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}22 = 339 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada

balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times q_u \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 2612.55 \times 7.6^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 21051.392 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$S_{\text{perlu}} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{Sperlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{452}{380.28}$$

$$n_{\text{tulangan}} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S_{\text{tulangan}} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As_{\text{pakai}} = n \times A(D22)$$

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{18862.592 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 339^2} = 4.56 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16.043} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 4.56}{420}} \right)$$

$$= 0.012$$

$$\rho_{min} < \rho, \text{ maka dipakai } \rho = 0.012$$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = \rho \times 400 \times 339 = 1628.98 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$



$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1628.98}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 5 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 5 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 47.5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 5 \times 380.28 = 1901.43 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 5D22**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{1901.43}{400 \times 339} = 0.0140 > 0.012(\text{ok})$$

$$a = \frac{AS \times f_y}{0.85 \times bw \times f_c'}$$

$$a = \frac{1901.43 \times 420}{0.85 \times 400 \times 30.8} = 76.26 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\beta_1}{\beta_1}$$

$$c = \frac{76.26}{0.83} = 91.88 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\epsilon_t = \frac{339 - 91.88}{91.88} \times 0.003 = 0.008068 > 0.005(\text{ok})$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$S_{perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 10 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif lapangan 2D22**

c. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{35}}{420} = 0.003521 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran}$$

$$\text{B(8.4.2))}$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0333$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)} \quad (\text{SNI 2847:2013 ps1 21.5.2.1})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho b \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3)})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.0333 = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.12$$

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2}22 = 489 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak setelah balok anak komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 11461.79 \text{ kgm}$$

$$V_u = 11502.12 \text{ kg}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003521 \times 400 \times 489 = 688.8 \text{ mm}^2$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{688.8}{380.28}$$

$$n_{\text{tulangan}} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS \text{ perlu} = 0.003521 \times 400 \times 489 = 688.8 \text{ mm}^2$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{688.8}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{550 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{11461.79 \times 10^4}{0.9 \times 400 \times 489^2} = 1.331 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R n}{f y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14.12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14.12 x 1.331}{420}} \right)$$

$$= 0.0032445$$

$\rho_{min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho_{min} = 0.00352$

$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$

$$AS_{perlu} = 0.00352 x 400 x 489 = 688.8 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} x \pi x 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{688.8}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(22) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 x 22 - 2 x 40 - 2 x 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$AS_{pakai} = n x A(D22)$$

$$AS_{pakai} = 2 x 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D22**

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw x dx}$$

$$\rho = \frac{760.57}{400 x 489} = 0.00388 > 0.00352 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{AS x f_y}{0.85 x bw x f_c'}$$

$$a = \frac{760.57 \times 420}{0.85 \times 400 \times 35} = 26.85 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\beta_1}{26.85}$$

$$c = \frac{26.85}{0.8} = 33.55 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{339 - 33.55}{33.55} \times 0.003 = 0.041 > 0.005 \text{ (ok)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{perlu} = \frac{760.57}{2} = 285.215 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{285.215}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

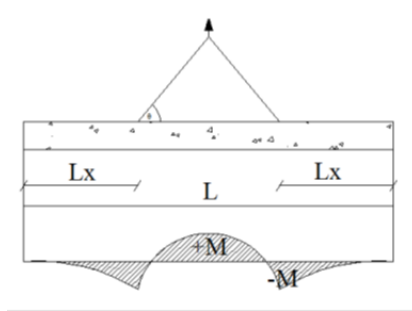
**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25**

- d. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}22 = 339 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



**Gambar 6. 21** Pengangkatan Balok

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Yc}{Lc \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{400}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 40 x 40^3 = 213333.3 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 20 + 5 = 25 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 7.6 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left( 1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.229996$$

$$X = 760 \times 0.229996 = 174.797 \text{ cm}$$

$$W = qu = 537.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 821.2937 \text{ kgm}$$

$$- M = 821.2937 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n_{tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n_{tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S_{tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S_{tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S_{tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As_{pakai} = n \times A(D22)$$

$$As_{pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$



$$AS_{perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur positif tumpuan 2D22**

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur positif lapangan 2D22**

- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS \text{ perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS \text{ perlu} = 0.003333 \times 400 \times 339 = 452 \text{ mm}^2$$

$$A(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.28 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{452}{380.28}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 256 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380.28 = 760.57 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negative lapangan 2D22**

#### 6.5.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

- Perhitungan Tulangan Setelah overtopping

$$Vu = qu \times Lx/2$$

$$Vu = 2915.7053 \times \frac{7.6}{2} = 11079.68 \text{ N}$$

$$= 110.7968 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c'} x b_w x d_x$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{30.8} x 400 x 339 = 125424.9 \text{ N} = 125.4 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.75 x 125.4 \text{ kN} = 112.88 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 x 112.88 = 56.44 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Diperlukan tulangan minimum}$$

$$V_{s \text{ min}} = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_{s \text{ min}} = \frac{110.7968}{0.75} = 123.11 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 x A_s D10$$

$$A_v = 2 x 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v x f_y x d_x}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157.4 x 420 x 339}{123.1 x 1000} = 181.74 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{339}{4} = 84.75 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 x 22 = 132 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-80 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{339}{2} = 169.5 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-160 mm**

b. Perhitungan Tulangan Setelah komposit

$$\begin{aligned} Vu &= 11502.12 \text{ kgm} = 115021.2 \text{ N} \\ &= 115.0212 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Vc = \frac{1}{6} x \sqrt{f_{c'}} x bw x dx$$

$$\begin{aligned} Vc &= \frac{1}{6} x \sqrt{30.8} x 400 x 489 = 192864.2 \text{ N} \\ &= 192.9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi Vc = 0.75 x 192.9 \text{ kN} = 144.65 \text{ kN}$$

$$0.5\phi Vc = 0.5 x 144.65 = 72.3 \text{ kN}$$

$0.5\phi Vc < Vu < \phi Vc \rightarrow$  Diperlukan tulangan minimum

$$Vs \text{ min} = \frac{Vu}{\phi}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{115.0212}{0.75} = 127.8 \text{ kN}$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$Av = 2 x As \text{ D10}$$

$$Av = 2 x 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{Av x fy x dx}{Vs}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157.4 x 420 x 489}{127.8 x 1000} = 181.74 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{489}{4} = 122.25 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 x 22 = 132 \text{ mm}$$

< 150 mm

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-120 mm**

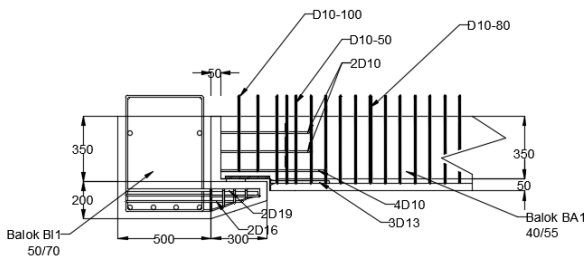
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{489}{2} = 244.5mm$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-200 mm**

#### 6.5.4.1 Desain Tulangan Geser pada Tumpuan Balok Anak Diatas Konsol Pendek (*Corbel*)

Pada Tugas akhir ini, balok anak BA1 dan BA2 yang menumpu pada balok induk BI1, tidak seluruh penampang pada tumpuan balok anak tersebut dapat diletakkan diatas konsol pendek dikarenakan jika diletakkan secara utuh pada konsol pendek pada balok induk akan menyebabkan perbedaan elevasi pada balok, seperti pada gambar 6.22. Pada desain pereencanaan ini, mengacu pada *PCI Industry Handbook 6<sup>th</sup>* pasal 4.6.3.



**Gambar 6. 22** Desain Tumpuan Balok Anak ke Balok Induk Sebelum Komposit

- Perhitungan Balok BA1 sebelum Komposit  
 $b_{\text{balok di tumpuan}} = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 h_{\text{balok di tumpuan}} &= d_{\text{balok induk BI sebelum komposit}} - h_{\text{konsol pendek}} \\
 &= 550 \text{ mm} - 200 \text{ mm} \\
 &= 350 \text{ mm} \\
 d &= \text{jarak dari atas balok anak ke pusat} \\
 &\quad \text{ulangan geser diagonal} \\
 &= h_{\text{balok di tumpuan}} - \text{cover} - (1/2 \times \text{tulangan} \\
 &\quad \text{geser diagonal}) \\
 &= 350 - 40 - (1/2 \times 10) = 305 \text{ mm} \\
 V_u &= 9927.68 \text{ kg} \\
 &= 99.2768 \text{ kN} \\
 N_u &= 0.2 \times 99.2768 \text{ kN} = 21.58 \text{ kN} \\
 f'_c &= 35 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 420 \text{ Mpa} \\
 a &= \text{jarak dari } V_u \text{ ke tulangan geser } re\text{-}entered \\
 &= 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Menghitung kelenturan di ujung tumpuan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{\phi f_y} \left[ V_u \left( \frac{a}{d} \right) + N_u \left( \frac{h}{d} \right) \right] \\
 &= \frac{1}{0.75 \times 420} (99.28 \times 1000 \times \left( \frac{240}{305} \right) \\
 &\quad + 19.86 \times 1000 \times \left( \frac{350}{305} \right)) \\
 &= 248.07 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Gaya Geser Langsung

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{2V_u}{3\phi f_y \mu_e} + \frac{N_u}{\phi f_y} \\
 \mu_e &= \frac{1000 \lambda b h \mu}{V_u} \leq 2.9 \quad (\text{Nilai dari Tabel 4.3.6.1} \\
 &\quad \text{PCI Industry Handbook 6th})
 \end{aligned}$$

$$\mu = 1.4 \lambda$$

$$\lambda = 1$$

$$\mu_e = \frac{1000 \times 1 \times 400 \times 350 \times 1.4}{99.2768 \times 1000}$$

$$\mu_e = 1.974 \leq 2.9 \quad (\text{oke})$$

$$A_s = \frac{2 \times 99.2768 \times 1000}{3 \times 0.75 \times 420 \times 1.974} + \frac{19.86 \times 1000}{0.75 \times 420}$$

$$A_s = 173.0284 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ yang digunakan} = 248.071 \text{ mm}^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{248.071}{78.57} \\ &= 3.15 \sim 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan untuk menahan geser secara langsung ( $A_s$ ) sebesar 4D10.**

$$A_n = \frac{Nu}{0.75 \times fy} = 63.033 \text{ mm}^2$$

$$A_h = 0.5 (A_s - A_n) = 0.5 \times (248.071 - 63.033) = 92.52 \text{ mm}^2$$

-Mengecek kekuatan geser dari penampang

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \frac{1000 \times \lambda^2 \times b \times d}{1000} \\ &= \phi \frac{1000 \times 1^2 \times 400 \times 350}{1000} \\ &= 105000 \text{ N} > V_u = 99276.8 \text{ N (Oke!)} - A_h \text{ bisa digunakan} \end{aligned}$$

$$A_h = 92.52 \text{ mm}^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{92.52}{78.57} \\ &= 1.177 \sim 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_h \text{ pakai} = 2 \times 78.57 = 157.07 \text{ mm}^2$$

**Digunakan Tulangan untuk menahan geser ( $A_h$ ) yaitu 2D10.**

3. Menghitung tegangan diagonal pada daerah *re-entrant*

$$A_{sh} = \frac{V_u}{\phi f_y} = \frac{99.2768 \times 1000}{0.75 \times 420} = 315.164 \text{ mm}^2$$

$$As D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$As D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$Av = 2 \times As D10$$

$$Av = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{315.164}{157.14} \\ &= 2.091 \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan Senggang untuk menahan geser (Ash) yaitu 3D10-50.**

$$A'_{sh} = (\text{Area minimum} = A_{sh})$$

$$A'_{sh} = 315.164 \text{ mm}^2$$

$$As D13 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$As D13 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132.73 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{315.164}{132.73} \\ &= 2.37 \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan untuk menahan geser (A'sh) yaitu 3D13.**

4. Menghitung tegangan diagonal di ujung tumpuan akhir

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Beton} &= \frac{2x\lambda x\sqrt{f'c} x bxd}{1000} \\ &= \frac{2x1x\sqrt{34} x 400x350}{1000} \\ &= 1656.502 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{2fy} \left[ \frac{Vu}{\phi} - \frac{2x\lambda x\sqrt{f'c} x bxd}{1000} \right] \\ &= \frac{1}{2x420} \left[ \frac{99276.8}{0.75} - \frac{2x1x\sqrt{34} x 400x350}{1000} \right] \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{157.08}{157.14} \\ &= 1.012 \sim 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

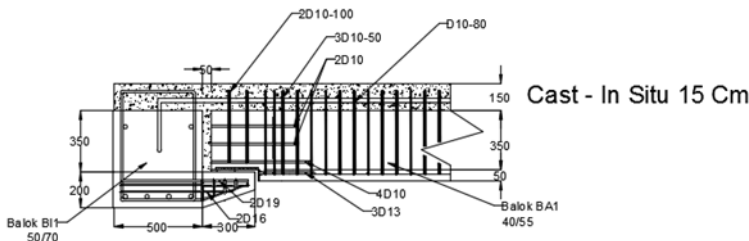
$$A_v \text{ Tulangan pakai} = 2 \times 157.14 = 314.16 \text{ mm}^2$$

**Digunakan Tulangan Senggang untuk menahan geser Ujung Tumpuan ( $A_v$ ) yaitu 2D10-100**

Kontrol Kekuatan geser di ujung tumpuan geser

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi (A_v \times f_y + A_h \times f_y + \text{kapasitas beton}) \\ &= 0.75 (314.16 \times 420 + 157.08 \times 420 + 1656.502) \\ &= 149682.63 > V_u = 99276.8 \text{ N (Oke!)} \end{aligned}$$

- Perhitungan Tulangan Setelah Komposit



**Gambar 6. 23** Desain Tumpuan Balok Anak ke Balok Induk Setelah Komposit

b balok di tumpuan	= 400 mm
h balok di tumpuan	= d <sub>balok induk BI1 setelah komposit</sub> - h <sub>konsol pendek</sub>
	= 700 mm - 200 mm
	= 500 mm
d	= jarak dari atas balok anak ke pusat ulangan geser diagonal

$$\begin{aligned}
 &= h_{\text{balok di tumpuan}} - \text{cover} - (1/2 \times \text{tulangan gesser diagonal}) \\
 &= 500 - 40 - (1/2 \times 10) = 455 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 11502.12 \text{ kg} \\
 &= 115.0212 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$N_u = 0.2 \times 115.0212 \text{ kN} = 23.004 \text{ kN}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \text{jarak dari } V_u \text{ ke tulangan gesser } re-entered \\
 &= 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Menghitung kelenturan di ujung tumpuan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{\phi f_y} \left[ V_u \left( \frac{a}{d} \right) + N_u \left( \frac{h}{d} \right) \right] \\
 &= \frac{1}{0.75 \times 420} (115.0212 \times 1000 \times \left( \frac{240}{455} \right) \\
 &\quad + 23.004 \times 1000 \times \left( \frac{500}{455} \right)) \\
 &= 192.685 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Gaya Geser Langsung

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{2V_u}{3\phi f_y \mu_e} + \frac{N_u}{\phi f_y} \\
 \mu_e &= \frac{1000 \lambda b h \mu}{V_u} \leq 2.9 \quad (\text{Nilai dari Tabel 4.3.6.1} \\
 &\quad \text{PCI Industry Handbook 6th})
 \end{aligned}$$

$$\mu = 1.4 \lambda$$

$$\lambda = 1$$

$$\mu_e = \frac{1000 \times 1 \times 400 \times 500 \times 1.4}{115.0212 \times 1000}$$

$$\mu_e = 2.434 \leq 2.9 \quad (\text{oke})$$

$$A_s = \frac{2 \times 115.0212 \times 1000}{3 \times 0.75 \times 420 \times 1.974} + \frac{19.86 \times 1000}{0.75 \times 420}$$

$$A_s = 169.46 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ yang digunakan} = 192.68 \text{ mm}^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{192.68}{78.57} \\ &= 2.45 \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan untuk menahan geser secara langsung (As) sebesar 3D10.**

$$A_n = \frac{Nu}{0.75 \times f_y} = 73.02933333 \text{ mm}^2$$

$$A_h = 0.5 (A_s - A_n) = 0.5(192.68 - 73.03) = 59.83 \text{ mm}^2$$

-Mengecek kekuatan geser dari penampang

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \frac{1000 \times \lambda^2 \times b \times d}{1000} \\ &= \phi \frac{1000 \times 1^2 \times 400 \times 500}{1000} \\ &= 150000 \text{ N} > V_u = 115021.2 \text{ N (Oke!)} - A_h \text{ bisa digunakan} \end{aligned}$$

$$A_h = 59.83 \text{ mm}^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{59.83}{78.57} \\ &= 0.76 \sim 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_h \text{ pakai} = 2 \times 78.57 = 157.07 \text{ mm}^2$$

**Digunakan Tulangan untuk menahan geser (Ah) yaitu 2D10.**

3. Menghitung tegangan diagonal pada daerah *re-entrant*

$$A_{sh} = \frac{V_u}{\phi f_y} = \frac{115.0212 \times 1000}{0.75 \times 420} = 365.15 \text{ mm}^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{365.15}{157.14} \\ &= 2.325 \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan Senggang untuk menahan geser (Ash) yaitu 3D10-50.**

$$A'_{sh} = (\text{Area minimum} = A_{sh})$$

$$A'_{sh} = 365.15 \text{ mm}^2$$

$$A_s D13 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D13 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132.73 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{365.15}{132.73} \\ &= 2.75 \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Digunakan Tulangan untuk menahan geser (A'sh) yaitu 3D13.**

4. Menghitung tegangan diagonal di ujung tumpuan akhir

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Beton} &= \frac{2x\lambda x\sqrt{f'c} x bxd}{1000} \\ &= \frac{2x1x\sqrt{35} x 400x500}{1000} \\ &= 2366.43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{2fy} \left[ \frac{Vu}{\phi} - \frac{2x\lambda x\sqrt{f'c} x bxd}{1000} \right] \\ &= \frac{1}{2x420} \left[ \frac{115021.2}{0.75} - \frac{2x1x\sqrt{34} x 400x500}{1000} \right] \\ &= 179.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{179.76}{157.14} \\ &= 1.144 \sim 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_v \text{ Tulangan pakai} = 2 \times 157.14 = 314.16 \text{ mm}^2$$

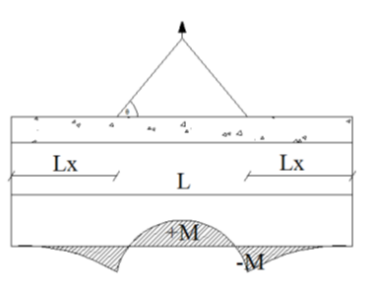
**Digunakan Tulangan Senggang untuk menahan geser Ujung Tumpuan ( $A_v$ ) yaitu 2D10-100**

Kontrol Kekuatan geser di ujung tumpuan geser

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi (A_v \times f_y + A_h \times f_y + \text{kapasitas beton}) \\ &= 0.75 (314.16 \times 420 + 78.54 \times 420 + 2366.43) \\ &= 149682.63 > V_u = 115021.2 \text{ N (Oke!)} \end{aligned}$$

### 6.5.5. Pengangkatan Balok Anak

Dalam pemasangan balok anak pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe BA1 dengan dimensi 40 x 40 cm dengan 2 titik pengangkatan.



**Gambar 6. 24 Titik Angkat Balok Anak**

- Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.4 \times 0.4 \times 7.6 \times 2400 \\ &= 3072 \text{ kg} \\ q &= K \times DL \end{aligned}$$

Dimana,

$K$  = factor kejut = 1.2 (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 3072$$

$$q = 3686.4 \text{ Kg} = 36.86 \text{ kN}$$

Gaya angkat  $T_u$  setiap tulangan :

$$T_u = \frac{q}{4}$$

$$T_u = \frac{36.86}{4}$$

$$T_u = 9.215 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{f_y}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 9.215 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0.8 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D10

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan

harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{30.8}}{1.5} = 2.59 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik penangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 821.29 \text{ kgm}$$

$$- M = 821.29 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h_{\text{pracetak}})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0.40 \times (0.4)^2$$

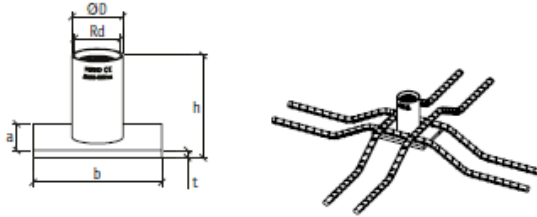
$$Z = 0.010666667$$

$$\sigma_{\text{Balok}} = \frac{76996.28714}{0.010666667} \times \frac{10}{1000000}$$

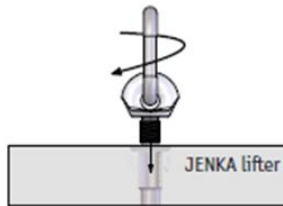
$$\sigma_{\text{balok}} = 0.77 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2.59 \text{ Mpa (OK)}$$

• **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka* adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut 0° - 90°



**Gambar 6. 25** Profil PSA dan Perkuatan



**Gambar 6. 26** Kait Jenka Lifter

#### 6.5.6. Kontrol Lendutan Balok Anak saat Komposit

Kontrol lendutan dihitung untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi saat komposit, dimana beban hidup sudah mulai bekerja. Pehitungan lendutan balok dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 9.5, didapatkan nilai lendutan balok dari program bantu ETABS didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\delta(D + L) = 5.488 \text{ mm}$$

$$\delta D = 2.93 \text{ mm}$$

Lendutan yang dihitung pada pelat adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sehingga didapatkan lendutan seketika akibat beban hidup sebagai berikut :

$$\delta L = \delta(D + L) - \delta D$$

$$\delta L = 5.488 - 2.93$$

$$\delta L = 2.56 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.2.5, lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dihitung berdasarkan factor tergantung waktu, sebagai berikut:



**Tabel 6. 6** Faktor Lendutan Jangka Panjang

Durasi Pembebanan	Faktor waktu
5 Tahun/ lebih	2
12 bulan	1.4
6 bulan	1.2
3 bulan	1

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta L(long\ term) = \delta L\ (short\ term) \times \epsilon$$

$$\delta L(long\ term) = 2.56\ mm \times 2$$

$$\delta L(long\ term) = 5.116\ mm$$

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{l}{\frac{480}{8000}}$$

$$\delta_{izin} = \frac{480}{8000}$$

$$\delta_{izin} = 16.67\ mm$$

$$\delta_{izin} > \delta L(long\ term)$$

$$16.67\ mm > 5.116\ mm\ (OK\ !)$$

Lendutan izin yang disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut :

**Tabel 6. 7** Lendutan Izin Maksimum

Jenis Komponen Struktur	lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap Dasar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	1/180
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	1/360
Jenis Komponen Struktur	lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika,	1/480
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang tidak mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar		1/240

Berikut Merupakan hasil rekapitulasi Penulangan Balok anak pracetak.

**Tabel 6. 8** Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Pracetak

Kode	BA1		BA2		BA3	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	400 mm x 550 mm		400 mm x 600 mm		250 mm x 350 mm	
Bentang	8 m		8,5 m		3,5 m	
Decking	40		40		40	
Atas	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D16	2 D16
Tengah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D16	2 D16
Bawah	2 D22	5 D22	2 D22	5 D22	2 D16	2 D16
Senggang	2 D10 - 80 mm	D10 - 160 m	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 160 mm	2 D10 - 50 mm	2 D10 - 100 mm
Kode	BA4		BA5		BA6	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	250 mm x 350 mm		250 mm x 350 mm		250 mm x 350 mm	
Bentang	2 m		4m		1,8 m	
Decking	40		40		40	
Atas	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
Tengah	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
Bawah	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
Senggang	2 D10 - 50 mm	D10 - 100 m	2 D10 - 50 mm	2 D10 - 100 mm	2 D10 - 50 mm	2 D10 - 100 mm

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

#### **7.1. Umum**

Struktur utama atau struktur primer adalah suatu komponen yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur utama menahan semua kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa gempa dan angin. Komponen balok induk, kolom dan dinding struktur geser (shear wall) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.

#### **7.2. Perencanaan Balok Induk Pracetak**

Perencanaan balok induk dalam struktur Gedung Hotel Swiss-Belinn ini menggunakan 3 dimensi balok induk dengan 5 bentang yang berbeda, yaitu :

- Balok Induk BI1 dengan dimensi 50/70 cm (bentang 8 m)
- Balok Induk BI2 dengan dimensi 50/75 cm (bentang 8.5 m)
- Balok Induk BI3 dengan dimensi 35/60 cm (Bentang 2.4 m)
- Balok Induk BI4 dengan dimensi 40/60 cm (bentang 5.5 m)
- Balok Induk BI5 dengan dimensi 35/60 cm (bentang 3 m)
- Balok Induk BI6 dengan dimensi 35/60 cm (bentang 4.5 m)

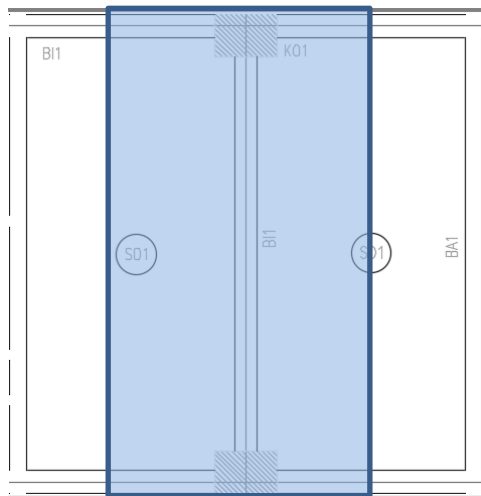
Penulangan balok induk dihitung dalam 3 kondisi yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung Balok Induk B1 (50/70 cm) dengan bentang 8 m.

### 7.2.1. Data Perencanaan Balok Induk Pracetak

- Dimensi Balok Komposit : 50 x 70 cm
- Dimensi Balok Halfbeam : 50 x 55 cm
- Tebal Overtopping balok : 15 cm
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- L : 8 m
- $L_x$  :  $L - b_{kolom}$   
: 8-0.7= 8.3 m
- $D_{lentur}$  : 25 mm
- $D'_{sengakang}$  : 10 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm

### 7.2.2. Perhitungan Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 7.2. berikut :



**Gambar 7. 2** Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit

- **Pembebanan Setelah Overtopping (Sebelum Overtopping)**  
 Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.
  - **Beban Mati**
    - Berat sendiri Balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 :  $0.5 \times 0.55 \times 2400$

- Berat Overtopping : 660 kg/m  
 $: b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 $: 0.5 \times 0.15 \times 2400$   
 $: 180 \text{ kg/m}$
- Berat Pelat : 360 kg/m<sup>2</sup>  
 (berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)
- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$  (pelat type 1)  
 $: 4 \text{ m} \times 8 \text{ m}$   
 $: 32 \text{ m}^2$
- qd :  $732 + 168 + (360 \times 32)$   
 $: 2418.08 \text{ kg/m}$
- Beban Hidup : 100 kg/m
- ql : 100 kg/m
- Beban Kombinasi  
 $q_u = 1.2 \times q_d + 1.6 \times q_l$   
 $= 1.2 \times 2418.08 + 1.6 \times 100$   
 $= 3041.7 \text{ kg/m}$

#### ➤ Pembebanan Saat Pengangkatan

- Beban Mati
  - Berat Sendiri :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 $: 0.5 \times 0.55 \times 2400$   
 $: 660 \text{ kg/m}$
  - qd : 7660 kg/m
- Kombinasi Beban  
 $q_u : 1.4 \times q_d$   
 $q_u : 1.4 \times 660$   
 $q_u : 1024.8 \text{ kg/m}$

### 7.2.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk

- a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Overtopping (Sebelum Komposit)

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok induk, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

Pada saat Pemasangan Balok induk, beton baru berumur 14 hari sehingga perlu ada koreksi nilai  $f'_c$  yaitu  $0.88 \times 35 \text{ Mpa} = 30.8 \text{ Mpa}$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{30.8}}{420} = 0.003303$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(30.8 - 28)}{7} = 0.83$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.83 \times 30.8}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.05174$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.05174 = 0.0388$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 30.8} = 16.043$$

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2} D$$

$$dx = 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 25 = 437.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok induk sebelum balok induk komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok induk adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times q_u \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 3041.7 \times 7.3^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 20261.515 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok induk dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.00333 \times 500 \times 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok induk dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.00333 \times 500 \times 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$



$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 3D25**

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{20261.515 \times 10^4}{0.9 \times 500 \times 437.5^2} = 1.11 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16.043} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.043 \times 1.11}{420}} \right)$$

$$= 0.0027$$

$$\rho_{min} > \rho, \text{ maka dipakai } \rho_{min} = 0.00333$$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.333 \times 500 \times 437.5 = 588.19 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.071 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{588.19}{491.071}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.071 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25**

- Tulangan Negatif di Lapangan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok induk dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.00333 \times 500 \times 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif lapangan 2D25**

b. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{35}}{420} = 0.003521 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0333$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.0333 = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c'} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.12$$

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2} D$$

$$dx = 700 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 25 = 637.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok induk setelah balok induk komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$M_{\text{lumpuan atas}} = 54055.5 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lumpuan bawah}} = 38079.92 \text{ kgm} > \frac{54055.5}{2} = 27027.75$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lapangan bawah}} &= 39160.83 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan Atas}} &= 16683.71 \text{ kgm} \\
 V_u &= 20297.36 \text{ kg} \\
 T_u &= 107.83 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{54055.5 \times 10^6}{0.9 \times 500 \times 637.5} = 2.96 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14.12} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.96}{420}} \right) = 0.0074$$

$\rho_{\min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0.0074$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.0074 \times 500 \times 637.5 = 2367.3 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{2367.3}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 5 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 5 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 68.75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 5 \times 491.074 = 2455.36 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 5 D25**

- Perhitungan Tulangan Positif di Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{38079.92 \times 10^6}{0.9 \times 500 \times 637.5} = 2.08 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14.12} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.08}{420}} \right) = 0.0051$$

$\rho_{min} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0.0051$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0051 \times 500 \times 637.5 = 1639.79 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1639.79}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 4 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 100 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 4 \times 491.074 = 1964.286 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 4D25**

- ❖ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw \times dx} = \frac{2455.36}{500 \times 677.5} = 0.0077$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{1964.286}{500 \times 637.5} = 0.0062$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85fc'd'}{dx \times fy} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - fy} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 35 \times 40}{637.5 \times 420} \times 0.8 \times \left( \frac{600}{600 - 420} \right) = 0.012$$

$$\rho - \rho' = 0.0077 - 0.0062 = 0.0015$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0.0015 < 0.012 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$fs = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta_1 \times fc' \times d'}{(\rho - \rho') \times fy \times d} \right| < fy$$

$$fs = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{(0.0015) \times 420} \times \frac{40}{637.5} \right| < 420$$

$$fs = 784.73 > 420$$

$$a = \frac{As \times fy - As' \times fs}{0.85 \times bw \times fc}$$

$$a = \frac{2455.36 \times 420 - 1964.29 \times 784.73}{0.85 \times 500 \times 35}$$

$$a = 12.85 \text{ mm}$$

$$Mn = 0.85fc'abw \left( d - \frac{a}{2} \right) + As'(fs - 0.85fc')(d - d')$$

$$Mn = 0.85 \times 35 \times 12.85 \times 500 \left( 637.5 - \frac{12.85}{2} \right)$$

$$+ 1964.29(784.73 - 0.85 \times 35)(637.5 - 40)$$

$$Mn = 100666.8031 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn = 0.9 \times 100666.8031 = 90600.12283 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn = 90600.12283 \text{ kgm} > Mu = 54055.5 \text{ kgm (ok)}$$

- Perhitungan Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{39160.83 \times 10^6}{0.9 \times 500 \times 637.5} = 2.14 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14.12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14.12 x 2.14}{420}} \right) = 0.00529$$

$\rho_{min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0.0039$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00529 x 500 x 637.5 = 1688.21 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1688.21}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 4 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 100 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 3 x 491.074 = 1473.21 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 3D25**

- Perhitungan Tulangan Negatif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x bw x dx} = \frac{166.8371 x 10^6}{0.9 x 500 x 637.5} = 0.91 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14.12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14.12 x 0.91}{420}} \right) = 0.0022$$

$\rho_{min} > \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0.003521$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003521 x 500 x 637.5 = 1122.47 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1122.47}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 3 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 162.5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 3 x 491.074 = 1473.21 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 3D25**

❖ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw x dx} = \frac{1964.286}{500 x 637.5} = 0.0061246$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw x dx} = \frac{1473.21}{500 x 637.5} = 0.004621$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f_c' d'}{dx f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 x 35 x 40}{637.5 x 420} x 0.8 x \left( \frac{600}{600 - 420} \right) = 0.012$$

$$\rho - \rho' = 0.0061246 - 0.004621 = 0.00154$$



$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0.00154 < 0.012 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| < f_y$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{(0.00154) \times 420} \times \frac{40}{637.5} \right| < 420$$

$$f_s = 784.73 > 420$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b \times w \times f_c}$$

$$a = \frac{1964.286 \times 420 - 1473.21 \times (784.73)}{0.85 \times 500 \times 35}$$

$$a = 1.091 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f_c' a b w \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' (f_s - 0.85 f_c') (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 35 \times 1.091 \times 500 \left( 637.5 - \frac{1.091}{2} \right) + 1473.21 (784.73 - 0.85 \times 35) (637.5 - 40)$$

$$M_n = 67490.87701 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 67490.87701 = 60741.78931 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 60741.78931 \text{ kgm} > M_u = 39160.83 \text{ kgm (ok)}$$

#### ❖ Kontrol Balok T

$$b_e < \frac{L}{4} = \frac{8000}{4} = 2000 \text{ mm (menentukan)}$$

$$b_e < b_w + 16h_f = 500 + 16 \times 150 = 2740 \text{ mm}$$

$$b_e < \text{center to center of adjacent beams} = 4000 \text{ mm}$$

Depth of block stress

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b_e} = \frac{1964 \times 420}{0.85 \times 35 \times 200} = 13.87 \text{ mm}$$

$$< 140 \text{ mm}$$

The beam be considered as rectangular

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1964 \times 420 \left( 637.5 - \frac{13.87}{2} \right)$$

$$Mn = 52021.79622 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn = 0.9 \times 52021.79622 = 46819.6166 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn = 46819.6166 \text{ kgm} > Mu = 39160.83 \text{ kgm (ok)}$$

Check For the Strain  $\epsilon_t \geq 0.005$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{13.87}{0.8} = 17.33$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d - c}{c} \right) = 0.003 \left( \frac{637.5 - 17.33}{17.33} \right) = 0.107$$

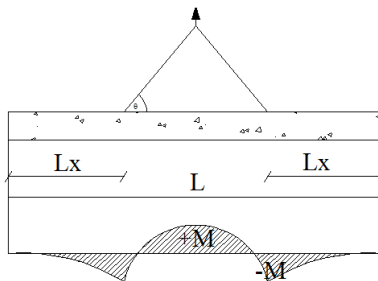
$$\epsilon_t = 0.107 > 0.005 \text{ (ok)}$$

- a. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 610 - 50 - 10 - \frac{1}{2}25 = 537.5 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut



merupakan rencana pengangkatan balok anak

**Gambar 7.3** Pengangkatan Balok

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Yc}{Lc \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{550}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 50 x 55^3$$

$$= 693229.167 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 27.5 + 5 = 32.5 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 7.3 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left( 1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.238$$

$$X = 730 x 0.238 = 173.68 \text{ cm}$$

$$W = qu = 1176 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 1773.66 \text{ kgm}$$

$$- M = 1773.66 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.00333 x 500 x 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)}$$

$$= \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan lentur negatif tumpuan 2D25**

- Tulangan Positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.00333 \times 500 \times 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan lentur positif tumpuan 2D25**

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00333 \times 500 \times 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 10 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan lentur positif lapangan 2D25**

- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.00333 \times 500 \times 437.5 = 729.167 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{729.167}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 350 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan lentur negatif lapangan 2D25**

#### 7.2.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk

➤ Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut :

$$M_{pr} = As \times 1.25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$a = \frac{As \times 1.25 \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b \times w}$$

**Tabel 7. 1** Perhitungan Mpr B1

Lokasi			n	As Perlu	a	Mpr (kNm)
Tumpuan	Kiri	Atas	5	2455.357	86.6596639	765.92248
		Bawah	4	1964.286	69.3277311	621.67476
	Kanan	Atas	5	2455.357	86.6596639	765.92248
		Bawah	4	1964.286	69.3277311	621.67476

$$M_{pr} 1 = 765.92248 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} 2 = 621.67476 \text{ kNm}$$

$$L_n = 7.3 \text{ m}$$

$$W_u = 36.03 \text{ Kg/m}$$

- Analisa terhadap gempa kiri & kanan

$$V_u = \frac{765.922 + 621.67}{8.6} - \frac{36.03 \times 7.3}{2}$$

$$V_u = 58.57 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{765.922 + 621.67}{8.6} + \frac{36.03 \times 7.3}{2}$$

$$Vu = 321.59 \text{ kN}$$

- Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , apabila:

-  $M_{pr} > 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$

$$\frac{765.922 + 621.67}{7.3} > 0.5 \times 321.6$$

$$190.08 > 160.8 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya Aksial Tekan  $< 0,2 \times A_g \times f_c'$

$$\frac{33952.6}{100} < \frac{0.2 \times 500 \times 700 \times 35}{1000}$$

$$339.526 \text{ kN} < 2450 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w x d$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{35} \times 500 \times 637.5}{1000} = 314.29 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi}$$

$$V_s = \frac{321.59}{0.75} = 357.33 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D'^2$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S = \frac{157.14 \times 420 \times 637.5}{357.33 \times 1000} = 117.75 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa syarat jarak antar senggang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

$$\frac{d}{4} = \frac{637.5}{4} = 159.375 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan 2D10-100 mm**

Senggang yang dipasang 2D10 mm sejarak 100 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- Smax sepanjang sendi plastis di ujung balok

$$2 \times h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$$

- Senggang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

- Kontrol kuat geser balok induk interior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9:

$$V_s = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c}$$

$$V_s = \frac{\frac{2}{3} \times 500 \times 637.5 \times \sqrt{35}}{1000} = 1257.17 \text{ kN}$$

$$V_s = 1257.17 > V_s = 357.33 \text{ kN (ok)}$$

- Pemasangan Senggang di Luar Daerah Sendi Plastis

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{35} \times 500 \times 637.5}{1000} = 314.29 \text{ kN}$$

Syarat :

1. tidak butuh tulangan geser

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c$$

2. Butuh tulangan geser Minimum

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

3. butuh tulangan geser

$$\phi (V_c + v_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s, \text{ max})$$



$$\begin{aligned}
 V_u &= 339.526 \text{ kN} \\
 0.5 \phi V_c &= 141.43 \text{ kN} \\
 \phi(V_c + V_{smin}) &= 388.94 \text{ kN} \\
 \phi(V_c + V_{smax}) &= 1414.31 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga memenuhi kondisi 2, maka digunakan tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\
 V_s &= \frac{339.526 \text{ kN}}{0.75} = 377.25 \text{ kN} \\
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D'^2 \\
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.14 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\
 S &= \frac{157.14 \times 420 \times 637.5}{377.25 \times 1000} = 132.77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{2} = \frac{637.5}{2} = 318.75 \text{ mm}$$

**Dari syarat diatas maka digunakan tulangan Geser 2D10-125 mm**

➤ Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_u \times L_x \\
 V_u &= 3041.7 \times 7.3 = 11102.2 \text{ kg} = 111.022 \text{ kN} \\
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d_x \\
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 500 \times 437.5 = 215690.4 \text{ N} = 215.7 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= 0.75 \times 215.7 \text{ kN} = 194.12 \text{ kN} \\
 0.5 \phi V_c &= 0.5 \times 194.12 \text{ k} = 97.06 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$0.5\phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow$  Diperlukan tulangan minimum

$$V_s \min = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s \min = \frac{111.022}{0.75} = 123.36 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157.4 \times 420 \times 437.5}{123.36 \times 1000} = 278.66 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{437.5}{4} = 109.375 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-100 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{437.5}{2} = 218.75 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-200 mm**

### 7.2.5. Perhitungan Tulangan Torsi

Dimensi balok Induk B1 = 50/70 cm  
 Tu Etabs = 107.83 kNm

Perencanaan Penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$\phi T_n = T_u \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5)}$$

Dimana,  $T_n$  = kuat momen torsi ( $T_c + T_s > T_u$  min)  
 Sesuai SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.1 pengaruh torsi diabaikan bila momen torsi terfaktor  $T_u$  kurang dari :

$$T_n = \phi 0.83 \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)$$

Dimana :

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan

$f_c'$  = Kuat tekan beton, Mpa

$A_{cp}$  = Luas yang dibatasi oleh keliling luas penampang beton,  $\text{mm}^2$

$P_{cp}$  = Keliling luar penampang beton,  $\text{mm}^2$

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan punter. Diasumsikan bagian sayap ikut berperan memikul torsi sehingga  $b_w$  tidak boleh lebih dari  $4 h_f$   
 $= 4(150) = 600 \text{ mm}$ .

Panjang efektif sayap,

$$\begin{aligned} h_w &= b_w + h_b < b_w + 4 h_f \\ &= 500 + (700 - 150) < 500 + 4 \times 150 \\ &= 1050 < 1100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$H_w$  pakai = 1050 mm

$$\begin{aligned} A_{cp} &= (b \text{ balok} \times h \text{ balok}) + (b \text{ balok} \times h \text{ balok}) \\ &= (500 \times 700) \text{ mm} + (500 \times 150) \text{ mm} \\ &= 425,000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 4 \times b_w + 2 \times h \\ &= (4 \times 500 \text{ mm}) + (2 \times 700 \text{ mm}) \\ &= 3700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2t \text{ decking} - \phi_{gese}) \times (h \text{ balok} - 2t \text{ decking} - \phi_{geser}) \\
 &= (500 - 2 \times 40 - 10) \times (700 - 2 \times 40 - 10) \\
 &= 250100 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times \{ (b \text{ balok} - 2t \text{ decking} - \phi_{gese}) + (h \text{ balok} - 2t \text{ decking} - \phi_{geser}) \} \\
 &= 2 \times \{ (500 - 2 \times 40 - 10) + (700 - (2 \times 40) - 10) \} \\
 &= 2309.6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output torsi pada ETABS diperoleh momen punter :

$$T_u = 107.83 \text{ kNm}$$

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 T_u &< \phi 0.83 \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \\
 T_u &< \frac{0.75 \times 0.83 \times \sqrt{35} \left( \frac{(35000)^2}{2400} \right)}{1000000} = 74.74 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$T_u > T_n$$

$$107.83 \text{ kNm} < 74.74 \text{ kNm} \text{ (perlu penulangan Torsi)}$$

- Perhitungan Tulangan Longitudinal penahan torsi

$$T_n = \frac{107830000 - 74740000}{0.75} = 44120000 \text{ N-mm}$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{S} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_n}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta} = \frac{44120000}{0,75 \cdot 2 \cdot 212585 \cdot 420 \cdot \cot^2(45)}$$

$$\frac{A_t}{S} = 0.329 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot P_{oh} \cdot \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot (\cot 45)^2 = 759.86 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.5.3, bila dibutuhkan tulangan torsi seperti disyaratkan melalui pasal 11.5.5.1, maka luas tulangan total minimum tulangan torsi longitudinal,  $A_{l_{min}}$  harus dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot P_{oh} \cdot \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \\ &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{40} \cdot 350000}{400} - (0,329) \cdot 2309 \cdot 6 \cdot \left( \frac{420}{420} \right) \\ &= 1310,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

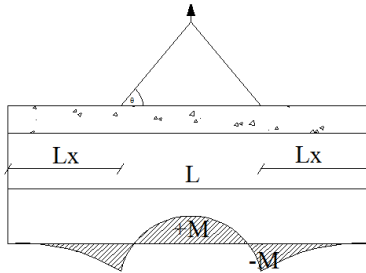
A.longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% kekanan, 25% ke atas dan 25% kebawah bagian balok.

$$A_{l \text{ torsi untuk kiri kanan}} = 0,5 \times 1310,77 = 655.385 \text{ mm}^2.$$

Dikarenakan tulangan minimum 2, maka digunakan tulangan 2 D25 ( $A_s = 982.1428571 \text{ mm}^2$ ), dipasang masing-masing 1 batang di sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

### 7.2.6. Pengangkatan Balok Induk

Dalam pemasangan balok Induk pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk Balok. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1 dengan dimensi 50 x 55 cm dengan 2 titik pengangkatan.



**Gambar 7. 4 Titik Angkat Balok Induk**

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.55 \times 0.5 \times 7.3 \times 2400 \\
 &= 4818 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1.2$  (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 4818$$

$$q = 5781.16 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$\begin{aligned}
 Tu &= \frac{q}{2} \\
 &= \frac{5781.16}{2} \\
 Tu &= \frac{100}{2}
 \end{aligned}$$

$$Tu = 28.908 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ijin} &= \frac{fy}{1.5} \\
 &= \frac{420}{1.5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ijin} &= \frac{420}{1.5} \\
 \sigma_{ijin} &= 2800 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Tu}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 28.908 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 1.3 \text{ cm} \approx 25 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D25

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{35}}{1.5} = 2.76 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik penangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 1773.66 \text{ kgm}$$

$$- M = 1773.66 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0.50 \times (0.55)^2$$

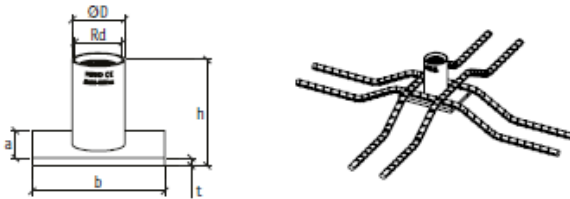
$$Z = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\text{Balok}} = \frac{1773.66}{0.025} \times \frac{10}{1000000}$$

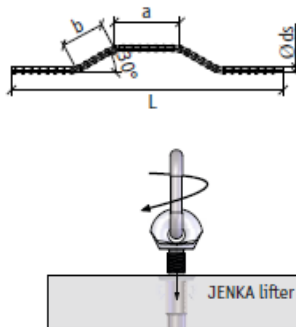
$$\sigma_{\text{pelat}} = 0.71 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2.76 \text{ Mpa (OK)}$$

### • Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ . (Brosur Terlampir)



**Gambar 7.5** Profil PSA dan Perkuatan



**Gambar 7.6** Kait *Jenka Lifter*

### 7.2.7. Kontrol Lendutan Balok Induk saat Komposit

Kontrol lendutan dihitung untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi saat komposit, dimana beban hidup sudah mulai bekerja. Phitungan lendutan balok dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 9.5, didapatkan nilai lendutan balok dari program bantu ETABS didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\delta(D + L) = 4.168 \text{ mm}$$

$$\delta D = 2.465 \text{ mm}$$



Lendutan yang dihitung pada pelat adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sehingga didapatkan lendutan seketika akibat beban hidup sebagai berikut :

$$\delta L = \delta(D + L) - \delta D$$

$$\delta L = 4.168 - 2.465$$

$$\delta L = 1.703 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.2.5, lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dihitung berdasarkan factor tergantung waktu, sebagai berikut:

**Tabel 7. 2** Faktor Lendutan Jangka Panjang

Durasi Pembebanan	Faktor waktu
5 Tahun/ lebih	2
12 bulan	1.4
6 bulan	1.2
3 bulan	1

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta L(\text{long term}) = \delta L(\text{short term}) \times \epsilon$$

$$\delta L(\text{long term}) = 1.703 \text{ mm} \times 2$$

$$\delta L(\text{long term}) = 3.406 \text{ mm}$$

Lendutan izin yang disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut :

**Tabel 7. 3** Lendutan Izin Maksimum

Jenis Komponen Struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap Dasar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	1/180
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	1/360
Jenis Komponen Struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika,	1/480
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang tidak mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar		1/240

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = l/480$$

$$\delta_{izin} = 8000/480$$

$$\delta_{izin} = 16.67 \text{ mm}$$

$$\delta_{izin} > \delta L(\text{long term})$$

$$16.67 \text{ mm} > 3.406 \text{ mm (OK !)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok Induk pracetak perkantoran One Galaxy :

**Tabel 7. 4** Tabel Rekapitulasi Balok Induk Induk Pracetak

Kode	B1		B2		B3	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	500 mm x 700 mm		500 mm x 750 mm		350 mm x 700 mm	
Bentang	8 m		8.5 m		2.2 m	
Decking	40		40		40	
Atas	5 D25	3 D25	6 D25	4 D25	5 D25	3 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	4 D25	4 D25	5 D25	5 D25	5 D25	3 D25
Sengkang	2 D10 - 100 mm	2 D10 - 125 mm	2 D10 - 100 mm	2 D10 - 125 mm	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 150 mm
Kode	B4		B5		B6	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	400 mm x 700 mm		350 mm x 700 mm		350 mm x 700 mm	
Bentang	5.5 m		3 m		4.5 m	
Decking	40		40		40	
Atas	3 D25	2 D25	4 D25	2 D25	3 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	3 D25	2 D25	3 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Sengkang	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 150 mm

### 7.3. Perencanaan Kolom

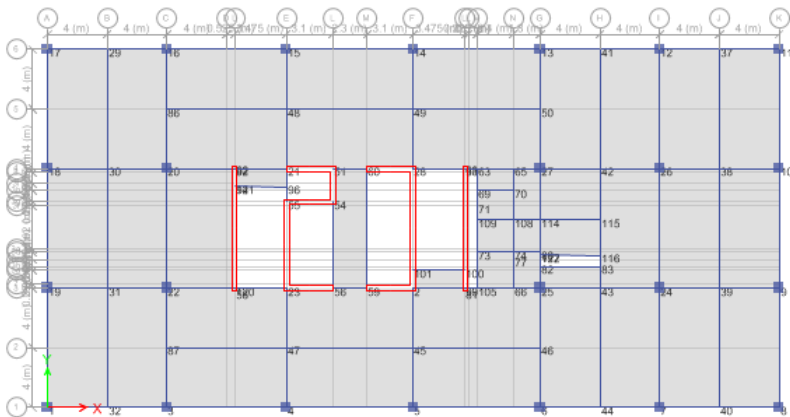
Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 3 tipe kolom dan 3 ketinggian berbeda dengan data sebagai berikut :

### Ketinggian Lantai

- Basemnet : 3.7 m
- Lantai 1-2 : 5.5 m
- Lantai 3-25 : 4.2 m

### Dimensi Kolom

- Dimensi Kolom Lt. Basement-2 : 110 x 110 cm
- Dimensi Kolom Lt. 3 – 7 : 90 x 90 cm
- Dimensi Kolom Lt. 8 – 25 (atap) : 70 x 70 cm



**Gambar 7.7** Denah Kolom

#### 7.3.1. Data Perencanaan Kolom

Pada penulisan ini, akan diberikan contoh perhitungan kolom lt 1-2. Berikut merupakan data perencanaan kolom gedung perkantoran One Galxy Surabaya. :

- Dimensi Kolom : 110 x 110 cm
- Tinggi Lantai (h) : 5.5 m
- Tebal Decking ( $d'$ ) : 50 mm
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- D (longitudinal) : 28 mm

- $D'$ (transversal) : 16 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 110 x 110 cm, yaitu :

$P_{max}$  : 20016 kN

$V_{u \max}$ : 722.34 kN

$M_x$  : 2283. kNm

$M_y$  : 2932 kNm

$T$  : 276.33 kNm

### 7.3.2. Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 ps1 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK Menahan gaya tekan aaksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $> A_g \times f_c/10$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi kondisi sebagai berikut:

$$P_u > A_g \times \frac{f_c'}{10}$$

$$20016 \text{ kN} > 1100 \times 1100 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000} = 4840 \text{ kN}$$

Sehingga, harus memenuhi persyaratan seperti dijelaskan pada pasal 21.6.1

- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm  
 $1100 \text{ mm} > 300 \text{ mm} (ok)$

- Rasio dimensi harus lebih besar dari 0.4

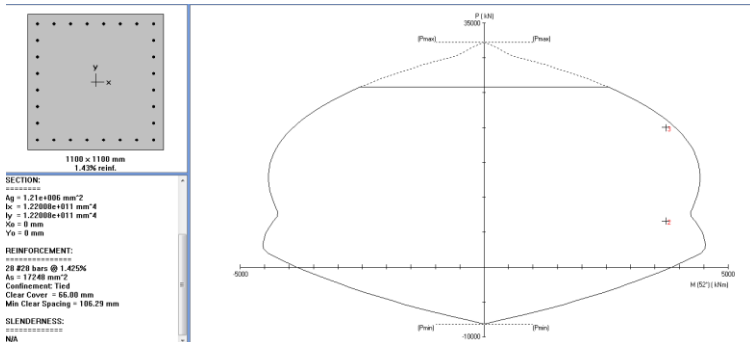
$$\frac{1100}{1100} = 1 > 0.4 (ok)$$

**Tabel 7. 5** Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom

Kolom			Pu (KN)	Ag.f'c/10	b min	b/h	ket
Letak	Dimensi						
Basement-Lt.2	1100	1100	20016	4840	300	1	OK
Lantai 3-7	900	900	12938.31	3240	300	1	OK
Lantai 9 - 13	700	700	10938.31	1960	300	1	OK

### 7.3.3. Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom menggunakan program bantu SPColumn, didapatkan diagram interaksi



sebagai berikut :

**Gambar 7. 8** Output Program Bantu SPColumn

Dari hasil analisa program bantu SPColumn, didapatkan jumlah tulangan 28 D28.

Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal yang ada pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\phi Mn > Mu$$

$$0.9 \times 5712.98 = 5141.682 \text{ kNm} > 2932 \text{ kNm (ok)}$$

### 7.3.4. Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

menurut SNI 2847 :2013 psl 21.6.3.1 , luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0.06 Ag.

$$Ast = 24 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 28^2 = 14784 \text{ mm}^2$$

$$Ag = 1100 \times 1100 = 1210000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat pada SpColumn diperoleh tulangan longitudinal 28 D28 dengan rasio tulangan=1.22 % (OK)

**Tabel 7. 6** Rekapitulasi Penulangan Lentur

Kolom			0.01 Ag (mm <sup>2</sup> )	0.06 Ag (mm <sup>2</sup> )	Tul. Pakai	Ag Tul	Ket
Letak	Dimensi						
Basement- Lt.2	1100	1100	12100	72600	28 D28	17248	Oke
Lantai 3-7	900	900	8100	48600	24 D 28	17248	Oke
Lantai 9 - 13	700	700	4900	29400	20 D28	17248	Oke

Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847:2013 pasal (7.6.1).

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n - 1}$$

$$= \frac{1100 - 2 \times 50 - 2 \times 16 - 7 \times 28}{7 - 1} = 132 \text{ mm} > 25 \text{ mm [OK]}$$

Spasi tulangan minimum harus > 25 mm, agar agregat dapat masuk ke celah-celah saat pengecoran berlangsung, spasi tulangan dihitung setelah mendesain pada spColumn, hasil dari spColumn seperti pada Gambar 7.8

**Tabel 7. 7** Rekapitulasi Perhitungan Spasi Tulangan Kolom

Kolom			n	S		
Letak	Dimensi		(buah)	(mm)	syarat	Ket
Basement- Lt.2	1100	1100	7	128	25	Oke
Lantai 3-7	900	900	6	120	25	Oke
Lantai 9 - 13	700	700	5	107	25	Oke

### 7.3.5. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

menurut SNI 2847 : 2013 psl 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \times \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + (f_y A_{st}))$$

$$\phi P_n = 0.8 \times 0.65 (0.85 \times 40 (1210000 - 14784))$$

$$+ (420 (14784))$$

$$\phi P_n = 24854.82 > P_u = 20016 \text{ kN (ok)}$$

### 7.3.6. Persyaratan Strong Kolom Weak Beam

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

Di mana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat strong column weak beam.

Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong column weak beam. Dari SpColumn didapatkan nilai  $\phi M_{nc} = 5712.98 \text{ kNm}$   
 $M_{nb_1} = 1066.6 \text{ kNm}$   
 $M_{nb_2} = 1211.1 \text{ kNm}$

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

$$5712.98 \text{ kNm} > 1.2 (1066.66 + 1211.1)$$

$$5712.98 \text{ kNm} > 2661.312 \text{ kNm (Ok!)}$$

### 7.3.7. Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana,  $V_e$ , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1.25 f_y = 1.25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

Control Points:

Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kNm	Y-Moment kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
X @ Max compression	31459.3	0.00	-0.00	8160	1020	-0.00262	0.650
@ Allowable comp.	25167.5	2637.53	0.00	1210	1020	-0.00047	0.650
@ fs = 0.0	21217.7	3814.70	0.00	1020	1020	-0.00000	0.650
@ fs = 0.5*fy	14234.7	4821.48	0.00	710	1020	0.00131	0.650
@ Balanced point	9836.5	4975.04	0.00	544	1020	0.00262	0.650
@ Tension control	8216.1	6055.77	0.00	383	1020	0.00500	0.900
@ Pure bending	0.0	3342.43	0.00	149	1020	0.01754	0.900
@ Max tension	-6985.4	-0.00	-0.00	0	1020	9.99999	0.900
Y @ Max compression	31459.3	0.00	0.00	8160	1020	-0.00262	0.650
@ Allowable comp.	25167.5	0.00	2637.53	1210	1020	-0.00047	0.650
@ fs = 0.0	21217.7	0.00	3814.70	1020	1020	-0.00000	0.650
@ fs = 0.5*fy	14234.7	0.00	4821.48	710	1020	0.00131	0.650
@ Balanced point	9836.5	0.00	4975.04	544	1020	0.00262	0.650
@ Tension control	8216.1	0.00	6055.77	383	1020	0.00500	0.900
@ Pure bending	0.0	0.00	3342.43	149	1020	0.01754	0.900
@ Max tension	-6985.4	-0.00	-0.00	0	1020	9.99999	0.900
-X @ Max compression	31459.3	0.00	0.00	8160	1020	-0.00263	0.650
@ Allowable comp.	25167.5	-2637.53	-0.00	1210	1020	-0.00047	0.650
@ fs = 0.0	21217.7	-3814.70	-0.00	1020	1020	-0.00000	0.650
@ fs = 0.5*fy	14234.7	-4821.48	0.00	710	1020	0.00131	0.650
@ Balanced point	9836.5	-4975.04	-0.00	544	1020	0.00262	0.650
@ Tension control	8216.1	-6055.77	0.00	383	1020	0.00500	0.900
@ Pure bending	0.0	-3342.43	-0.00	149	1020	0.01754	0.900
@ Max tension	-6985.4	-0.00	-0.00	0	1020	9.99999	0.900

**Gambar 7. 9** Output Sp Coloumn- setelah Mpr

$$L_n = 4.8 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 6055.77 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2xM_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 6055.77}{4.8} = 2549.8 \text{ kN} > V_u = 722.34 (\text{ok})$$

### 7.3.8. Perhitungan Tulangan Transversal untuk Pengekangan

a. Menentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop). Tulangan hoop dibutuhkan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1):.

- Tinggi komponen struktur di joint,  $h = 700 \text{ mm}$
- Seperenam bentang bersih komponen struktur  

$$\frac{l_n}{6} = \frac{4800}{6} = 800 \text{ mm}$$
- $\geq 450 \text{ mm}$



Sehingga dipasang tulangan pengekang pada tumpuan sepanjang **800 mm**.

- b. Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang lo harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash) dengan spasi sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.6.

Pemasangan Tulangan didaerah Sendi Plastis Jarak Tulangan Maksimum :

$$\frac{1}{4}b = \frac{1}{4} \times 1100 = 275 \text{ mm}$$

$$6db = 6 \times 28 = 168 \text{ mm}$$

$$100 < S < 150 \text{ mm}$$

Sehingga, direncanakan tulangan geser didaerah sendi plastis adalah 100 mm.

**Tabel 7. 8** Rekapitulasi Spasi Maksimum Hoop

Kolom			b/4 (mm)	6 db	So (mm)	S pakai
Letak	Dimensi					
Basement-Lt.2	1100	1100	275	168	$100 < So < 150$	Oke
Lantai 3-7	900	900	225	168	$101 < So < 150$	Oke
Lantai 9 - 13	700	700	175	168	$102 < So < 150$	Oke

- c. Penentuan luas tulangan confinement

Untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4) :

Ash min sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$bcx = 1100 - 50 - 2 \times 16 = 1018 \text{ mm}$$

$$Ach = (1100 - 50 - 2 \times 16)^2 = 1036324 \text{ mm}^2$$

$$Ashx = 0.3 \frac{s \times bcx \times fc'}{fy} \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right) = 487.44 \text{ mm}^2$$

$$Ash1 = \frac{0.09 s \times bcx \times fc'}{fy} = 872.57 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ Pakai} = 5 \times AS(D16) = 1005.714 \text{ mm}^2 > Ash = 872.5714 \text{ mm}^2 \text{ (oke!)}$$

**Sehingga digunakan tulangan 5D16-100 mm**

**Tabel 7. 9** Rekapitulasi Spasi Tulangan Confinement

Kolom			bc (mm)	Ach (mm2)	Ash1 (mm)	Ash2 (mm)	Tul pasang
Letak	Dimensi						
Basement- Lt.2	1100	1100	1018	1036324	487.4	872.6	5 D16-100
Lantai 3 -7	900	900	818	672400	478.3	701.1	4 D16-100
Lantai 9 -13	700	700	618	384400	485.1	529.7	3D16-100

• Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom diluar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

$$6db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\leq 150 \text{ mm}$$

**sehingga digunakan tulangan 5D16-150 mm**

**Tabel 7. 10** Rekapitulasi Tulangan Transversal

Kolom			Tul. Sendi Plastis	Tul. Diluar Sendi plastis
Letak	Dimensi			
Basement- Lt.2	1100	1100	5D 16-100	5D 16-150
Lantai 3-7	900	900	4D 16-100	4D 16-150
Lantai 9 -13	700	700	3D 16-100	3D 16-150

Sendi Plastis : daerah pada ujung-ujung elemen kolom yang semula kaku/ terjepit sempurna kemudian bisa menjadi sendi karena adanya gaya gempa (800 mm dari as kolom)

### 7.3.9. Tulangan Transversal untuk Beban Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (a), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (b) dan harus melebihi nilai (c).

$$a. \quad V_{e1} = \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{L_u}$$

$$b. \quad V_{e2} = \frac{M_{pr(+)} + M_{pr(-)}}{l_n}$$

c.  $V_u$  hasil analisa struktur

Penghitungan gaya geser desain

a. Menghitung nilai  $V_{e1}$

$M_{prc. \text{atas}}$  dan  $M_{prc. \text{bawah}}$  didapatkan dari diagram interaksi  $P_n$ - $M_{pr}$  kolom. Diagram interaksi didapat dengan menggunakan  $f_s = 1,25 f_y$  dan  $\phi = 1$ . Besarnya  $M_{prc. \text{atas}}$  dan  $M_{prc. \text{bawah}}$  adalah 2311.56 kN.m dan 2493.81 kN.m.

No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	20016.00	2283.00	2932.00	2311.56	2968.68	1.013	1221	1432	0.00052	0.650
2	19951.24	2178.47	2464.28	2493.81	2821.00	1.145	1220	1437	0.00053	0.650

**Gambar 7. 10**  $M_{prc. \text{atas}}$  dan  $M_{prc. \text{bawah}}$

Maka, dapat dihitung :

$$V_{e1} = \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{L_u} = \frac{2311.56 + 2493.81}{4.8} = 1001.11875 \text{ KN}$$

b. Menghitung  $V_{e2}$

Nilai  $M_{pr+}$  dan  $M_{pr-}$  merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 765.922 kN.m dan 621.67476 kN.m.

$$V_{e2} = \frac{M_{pr}(+) + M_{pr}(-)}{l_n} = \frac{765.922 + 621.67476}{4.8} \\ = 289.083 \text{ KN}$$

c.  $V_u$  hasil analisa struktur ETABS

Berdasarkan output ETABS didapatkan nilai  $V_u = 428.2438 \text{ KN}$ , sedangkan didapatkan  $V_e$  maks hasil perhitungan sebesar  $1001.11875 \text{ KN}$ , maka nilai  $V_e > V_u$ .

Berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 yaitu nilai  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisa struktur. Sehingga Desain geser memenuhi persyaratan (OK).

### Perhitungan Tulangan Geser

a. Mengecek kontribusi beton diabaikan atau tidak

Berdasarkan SNI 2847:2013, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila :

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa,  $V_{sway}$ , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$ .

$$50\% \cdot V_e > V_u$$

$$50\% \cdot 1001.11875 \text{ kN} > 428.2438 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u = 20016 \text{ kN}$  harus

$$\text{kurang dari } \frac{A_g \times f'_c}{20} = \frac{1100 \times 1100 \times 40}{20} = 2420 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g \times f'_c}{20} < P_u = 20016 \text{ kN [OK]}$$

b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser, yaitu :

$$V_c = 0,17 \cdot \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \\ = 1312056 \text{ N} = 1312.056 \text{ KN}$$

- c. Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang  $l_0$  dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 5D16 -100 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$A_v = 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 1005,309 \text{ mm}^2$$

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S} = 4644.528 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \Phi(V_c + V_s) &= 0,75 (1312.056 + 4644.528) \\ &= 4467.438 \text{ KN} > 1001.11875 \text{ KN [OK]} \end{aligned}$$

### 7.3.10. Kontrol Tulangan Torsi

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk stuktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila momen puntir kurang dari:

$$P_u = 20016 \text{ kN}$$

$$T_u = 276.33 \text{ kNm}$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

$$A_{cp} = 1210000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 4080 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{P_u}{0.33 \sqrt{f_c}}}$$

$$T_n = 5501.17 \text{ kNm} > T_u = 276.3 \text{ kNm} \text{ (Torsi diabaikan)}$$

### 7.3.11. Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah  $1,3l_d$  (SNI 2847:2013 pasal 12.15.1). Besarnya  $l_d$  ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai  $K_r = 0$  untuk penyederhanaan desain.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}} \right) \cdot d_b \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 12.2.4})$$

12.2.4)

Dimana:

$\Psi_t = 1$  (situasi lainnya)

$\Psi_e = 1$  (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s = 1$  (tulangan  $\geq D22$ )

$\lambda = 1$  (beton biasa)

$d = 28 \text{ mm}$

nilai  $c_b$  merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini:

$$c_1 = 40 + 16 + \frac{28}{2} = 70 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{1000 - 2 \times (40 + 16) - (28 \times 7)}{7 - 1} = 128.67 \text{ mm}$$

$$l_d = \left( \frac{420}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1,1 \cdot 1}{\frac{70 + 0}{28}} \right) \cdot 28 = 676.15 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \times 676.15 \text{ mm} = 878.9 \text{ mm} \approx 880 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 880 mm

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan sambungan lewatan :

**Tabel 7. 11** Rekapitulasi Panjang Lewatan

Kolom			C1 (mm)	C2 (mm)	C pakai	ld (mm)	1.3 ld (mm)	Ld pakai
Letak	Dimensi							
Basement- Lt.2	1100	1100	70	129	70	676	879	880
Lantai 3-7	900	900	70	125	70	676	879	880
Lantai 9 - 13	700	700	70	117	70	676	879	880

#### 7.4. Perencanaan Dinding Geser ( Shear Wall)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser

dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan dinding Geser Arah Y. Pada perhitungan ini, akan diberikan contoh perhitungan dinding geser arah X.

#### 7.4.1. Data Perencanaan

Dinding geser arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu X. Terdapat 3 dinding geser arah X dengan bentang masing-masing 4 m. Berikut merupakan data perencanaan dinding geser arah X:

- Tebal Dinding (t) : 35 cm
- Lebar Dinding (l) : 8.5 m
- Tinggi Dinding (h) : 5.5 m
- $f_c'$  : 40 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- $D_{\text{Longitudinal}}$  : 25 mm
- $D'_{\text{Transversal}}$  : 16 mm
- Decking ( $d'$ ) : 50 mm
- dx :  $350 - 50 - 0.5 \times 16 = 292$  mm
- $\delta$  : 38 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall yaitu:

$$P_u = 62641.0291 \text{ kN}$$

$$M_u = 10421.1734 \text{ kNm}$$

$$V_u = 7401.2491 \text{ kN}$$

#### 7.4.2. Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 Psl. 14.5.3, Ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{25} \lambda c < \text{Tebal dinding (t)}$$

$$\frac{1}{25} 5500 = 220 \text{ mm} < 350 \text{ mm (ok)}$$

$$\frac{1}{25} 8500 = 340 \text{ mm} < 350 \text{ mm (ok)}$$

### 7.4.3. Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, pasal 21.9.4.4, kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi :

$$V_n < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{7401.249}{0.75} = 9868.332 \text{ kN}$$

$$0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = \frac{0.83 \times 350 \times 8500 \times \sqrt{40}}{1000} = 15616.91 \text{ kN}$$

$$V_n = 9868.332 \text{ kN} < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = 15616.91 \text{ kN (ok)}$$

### 7.4.4. Penulangan Geser Shearwall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847 : 2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi gaya geser nominal

$$V_u < 0.17 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$7401.2491 \text{ kN} < \frac{0.17 \times 8500 \times 350 \sqrt{40}}{1000}$$

$$7401.2491 \text{ kN} < 3198.64 \text{ kN (2 lapis tulangan)}$$

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang 2 lapis tulangan.

$$350 \text{ mm} > 250 \text{ mm (2 Lapis Tulangan)}$$

Dari kedua persyaratan tersebut, maka pada dinding geser arah X dipasang 2 lapis tulangan.

### 7.4.5. Penulangan Geser ShearWall Arah X

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < \phi V_n$$



$$\phi V_n = A_{cv} [\alpha c \sqrt{f_c'} + \rho n f_y]$$

$$\frac{h}{l} = \frac{5500}{8500} = 0.647 < 2, \text{ maka } \alpha = 0.25$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 Dengan  $s = 200$  mm.

$$\rho n = \frac{A_s}{d_x \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \pi \times 16^2}{292 \times 200} = 0.007$$

$$\phi V_n = \frac{350 \times 8500 [0.25 \times \sqrt{40} + 0.007 \times 420]}{1000}$$

$$= 13450.388 \text{ kN}$$

$$V_u = 7401.2491 \text{ kN} < \phi V_n = 13450.388 \text{ kN (OK)}$$

#### 7.4.6. Kontrol Rasio Tulangan

Menurut SNI 2847 : 2013 ps1 11.9.9.2 : rasio tulangan horizontal ( $\rho_n$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025, dipakai tulangan horizontal 2D16 dengan rasio tulangan

$$\rho_n = 0.007 > 0.0025 \text{ (OK)}$$

#### 7.4.7. Kontrol Spasi Tulangan Vertical dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horizontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

$$S_{\text{transversal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{longitudinal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{8500}{3} = 2833.33 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 5500 = 16500 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{8500}{3} = 2833.33 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 5500 = 16500 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

#### 7.4.8. Kontrol Komponen Batas

- Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari  $0.2f_c$ . SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f_c$$

$$\frac{10421.17 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 350 \times 8500^2} + \frac{62641.029 \times 10^3}{350 \times 8500} > 0.2 \times 40$$

$$23.53 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa (butuh Komponen Batas)}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (Displacement Method) dimana element pembatas diperlukan apabila:

$$C > \frac{lw}{600 \times \left(\frac{\delta}{ht}\right)}, \frac{\delta}{ht} > 0.007$$

$$\frac{\delta}{hw} = \frac{38}{5500} = 0.0069, \text{ maka digunakan } 0.007$$

$$C > \frac{8500}{600 \times 0.007} = 1904.76 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn, didapatkan nilai  $c$

$$= 3011 \text{ mm}$$

$$1904.76 \text{ mm} < 2868 \text{ mm, (butuh komponen batas)}$$

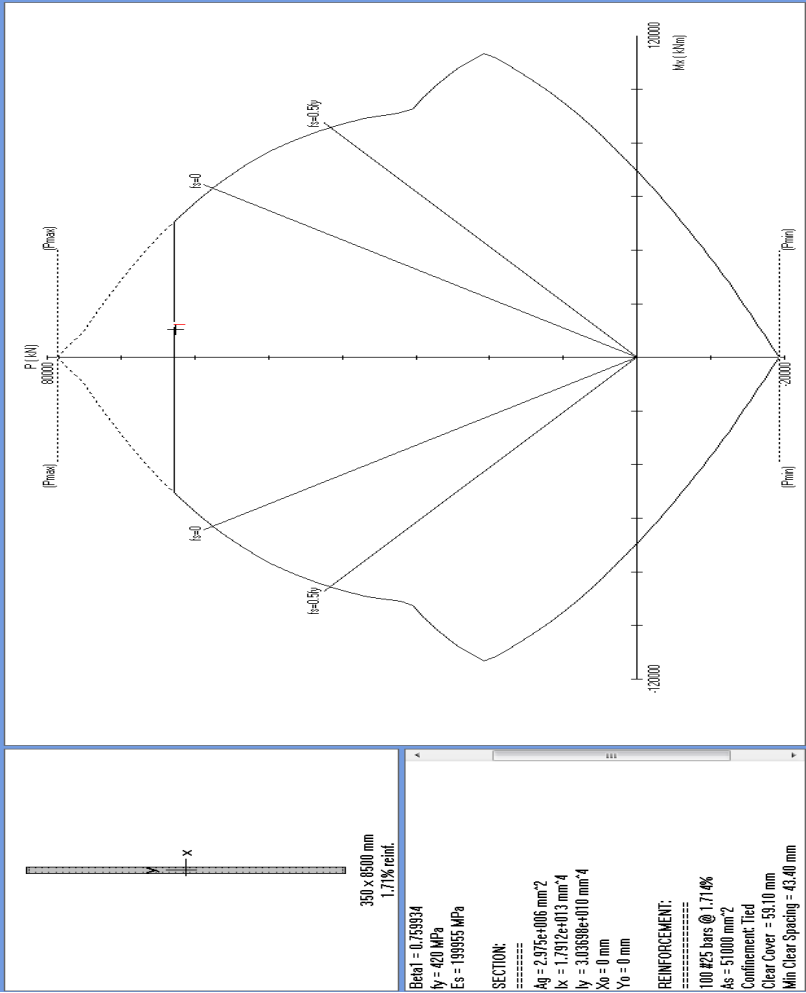
- Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari :

$$\begin{aligned}(c - 0.1 L_w) &= 3011 - 0.1 * 8500 = 2161 \text{ mm} \\ c/2 &= 3011 / 2 = 1505.5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan jarak element pembatas untuk shearwall dengan panjang 8500 mm = 2200 mm

#### **7.4.9. Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall**

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan shearwall menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 7. 11 Diagram Interaksi ShearWall arah Y

Dari hasil analisa program bantu SpColumn, digunakan tulangan Longitudinal 100 D25. Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal shearwall :

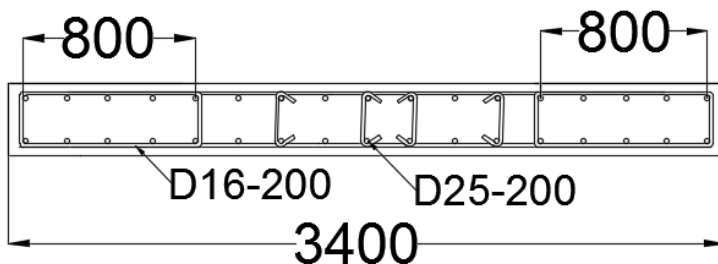
$$Mn = 120231 \text{ kNm} > Mu = 10421 \text{ kNm (OK)}$$

➤ Rekapitulasi Penulangan *Shear Wall*

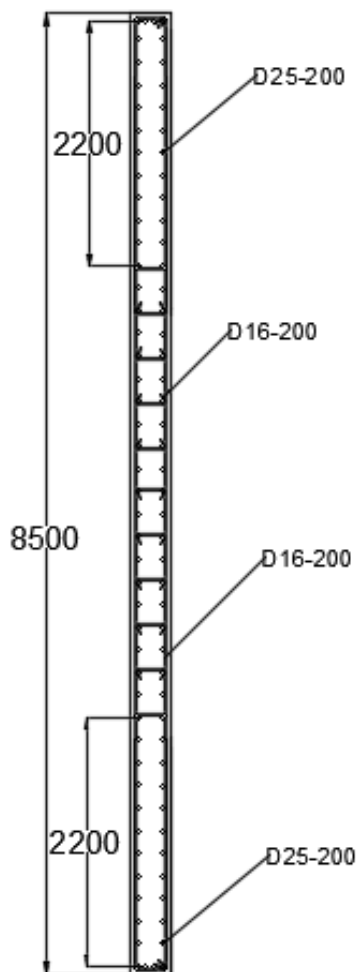
Berikut merupakan rekapitulasi penulangan ShearWall perkantoran One Galaxy:

**Tabel 7. 12** Rekapitulasi Penulangan *Shear Wall*

Arah	Tulangan Lentur (Longitudinal)	Tulangan geser Horizontal dan Vertikal	Panjang Boundary
X	D25-200	D16-200	800
Y	D25-200	D16-200	2200



**Gambar 7. 12** Penulangan Shear Wall arah X terpanjang



**Gambar 7. 13** Penulangan Shear Wall Arah Y terpanjang

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN SAMBUNGAN ELEMEN PRACETAK**

#### **8.1. Umum**

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

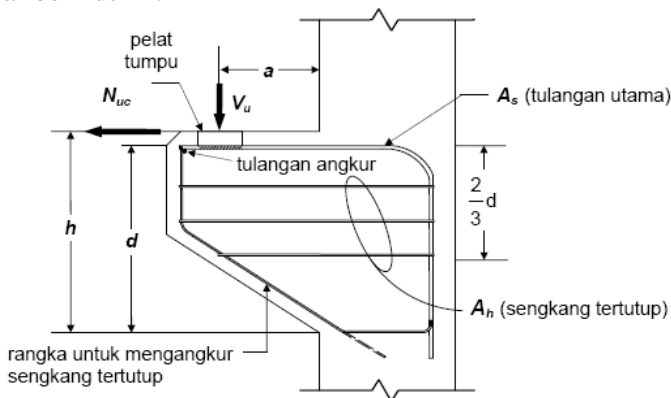
Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup rumit.

Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton topping. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

## 8.2. Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom maupun balok induk dan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan begitupun antara balok induk dan balok anak. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 8. 1** Geometrik konsol pendek

### ❖ Perhitungan Konsol Pendek

Dalam perencanaan konsol pendek, akan diberikan contoh perhitungan konsol pada kolom dan balok induk BI1(50/70) cm. Berikut merupakan perhitungan konsol pendek pada kolom :

#### ➤ Data Perencanaan:

$V_u$  : 339.526 kN  
 $N_u$  : 67.91 kN  
 $f_c'$  : 40 Mpa  
 $f_y$  : 420 Mpa  
 Decking ( $d'$ ) : 40 mm



$D_{\text{longitudinal}}$	: 19 mm
$D'_{\text{transversal}}$	: 16 mm
$b$	: 500 mm
$h$	: 300 mm
$dx$	: $h - d' - 0.5D = 250.5$ mm
$a_v$	: 100 mm
$l$	: 400 mm

➤ Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.5, untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{339.526}{0.75} = 452.7 \text{ kN}$$

$$0.2 \times f'c' \times bw \times d = 0.2 \times 40 \times 500 \times 250.5 \\ = 1002 \text{ kN (ok)}$$

$$(3.3 + 0.08f'c')bw \times dx = (3.3 + 0.08 \times 40)500 \times 250.5$$

$$(3.3 + 0.08f'c')bw \times dx = 814.125 \text{ kN (ok)}$$

$$11 \times bw \times dx = 11 \times 500 \times 250.5 = 1377.75 \text{ kN (ok)}$$

$$Avf = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{452.7}{420 \times 1.4} = 769.9 \text{ mm}^2$$

➤ Luas Tulangan Lentur

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan  $Nuc$  minimum, sebagai berikut :

$$Mu = Vu \times a + Nuc(h - dx)$$

$$Mu = 339.526 \times 1000 \times 100 + 67.91(49.5) \\ = 54290207.4 \text{ Nmm}$$

$$Af = \frac{Mu}{\phi f_y j d} = \frac{54290207.4}{0.75 \times 420 \times 0.85 \times 300} = 675.88 \text{ mm}^2$$

$$An = \frac{Nuc}{\phi f_y} = \frac{67.91}{0.75 \times 420} = 215.57 \text{ mm}^2$$

➤ Kontrol Luasan Tulangan Primer

$$Asc = \frac{2}{3} Avf + An = \frac{2}{3} \times 675.88 + 215.57 = 728.8 \text{ mm}^2$$

$$Asc = Af + An = 675.88 + 215.57 = 891.45 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ pakai} = 891.45 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ min} = 0.04 \frac{f'c'}{fy} bw dx = 0.04 \frac{40}{420} 500 \times 250.5$$

$$Asc \text{ min} = 477.14 \text{ mm}^2$$

➤ Kontrol Luasan Tulangan Horizontal Tertutup

$$Ah = 0.5(Asc - An) = 0.5(891.45 - 215.57)$$

$$Ah = 437.94 \text{ mm}^2$$

➤ Menentukan Banyaknya Tulangan

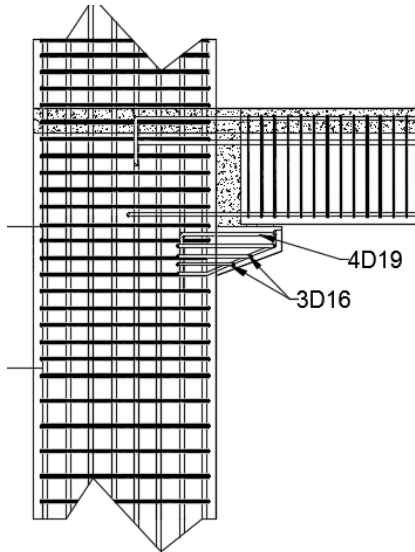
$$As (D19) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 19^2 = 283.64 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Primer} = \frac{Asc}{As(D16)} = \frac{891.45}{283.64} \approx 4$$

$$n \text{ Sekunder} = \frac{Ah}{As (D13)} = \frac{437.94}{201.14} \approx 3$$

Berikut merupakan gambar penulangan konsol pendek pada kolom dan balok 50/75



**Gambar 8. 2** Penulangan konsol pendek

❖ Rekapitulasi Konsol Pendek

Konsol pendek digunakan pada sambungan balok induk ke kolom. Selain itu juga digunakan pada sambungan balok anak ke balok induk, dengan perhitungan yang sama berikut merupakan tabel rekapitulasi penulangan konsol pendek:

**Tabel 8. 1** Rekapitulasi konsol pendek  
(dilampirkan)

### 8.3. Peerencanaan Sambungan Balok-Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan *Cast-in-situ* dimana merupakan jenis sambungan basah (*wet connection*), dimana pengaplikasiannya adalah dengan mengecor panjang penyaluran tulangan dari masing-masing kolom maupun balok yang terhubung, hal ini dimungkinkan karena kolom merupakan elemen yang *cast-in-situ*, selain itu sambungan *cast-in-situ* lebih dapat menjamin bahwa sambungan antara kolom-balok merupakan perletakan jepit sehingga dapat menahan momen maupun gaya gaya gempa.

#### ❖ Sambungan Balok 50/75 – Kolom

Karena pada sambungan balok- kolom menggunakan sambungan *cast-in-situ*/ sambungan cor setempat sehingga diperlukan perhitungan panjang penyaluran dari balok ke kolom

##### ➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

##### ➤ *Single Sided Connection*

##### ➤ Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi

tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$ldh = \frac{0.24 \times 420 \times 25}{\sqrt{35}} = 425.96 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 430 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

➤ Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{f'c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 425.96 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $ldc = 460 \text{ mm}$

➤ *Double Sided Connection*

➤ Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{35}} = 422.58 \text{ mm}$$

$$ldh = 422.58 \times \frac{420}{400} \approx 443 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 460 \text{ mm}$

➤ Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 425.96 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

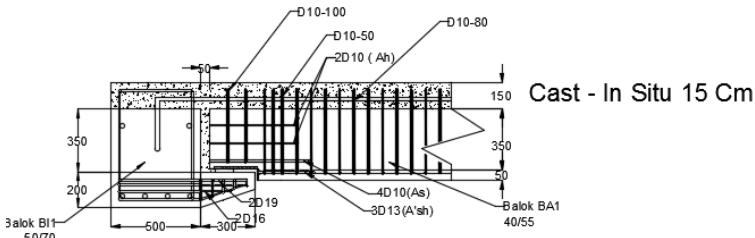
$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $ldc = 460 \text{ mm}$

#### 8.4. Perencanaan Sambungan Balok Induk ke Balok Anak

Sambungan antara balok induk ke balok anak menggunakan sambungan corbel atau dalam hal ini sambungan dengan perletakan sederhana di konsol pendek. Selain itu di ujung akhir balok anak (pertemuan antara balok anak dengan konsol pendek) bentuk balok berubah menjadi bentuk L ( L shaped). Oleh sebab itu, diperlukan adanya geser tambahan yang dapat mencegah adanya kegagalan geser pada daerah

pertemuan antara balok anak dengan konsol pendek. Hal ini berdasarkan *PCI INDUSTRY HANDBOOK* pasal 4.6.3.



**Gambar 8. 3** Sketsa Sambungan Balok Induk ke Balok Anak

- Panjang Penyaluran Tulangan Lentur Standar( lurus) dalam Tarik

Data Perencanaan :

db : 10 mm

fc' : 35 Mpa

fy : 420 Mpa

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{22}{\sqrt{35}} = 185.94 \text{ mm}$$

$$ldh = 185.94 \times \frac{420}{400} \approx 195.23 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai ldh = 200 mm dengan tulangan sesuai diameter tulangan tarik pakai yaitu D22

➤ Panjang Penyaluran dengan bengkokan  $90^\circ$  dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

kait minimum panjang penyaluran dengan kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 22 = 264 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

➤ Tulangan Geser Tambahan

Sesuai dengan contoh perhitungan pada *PCI INDUSTRY HANDBOOK* pasal 4.6.3. Untuk tulangan dipasang diagonal, panjang penyalurannya diatur pada pasal 11.2.9.

Perhitungan yang digunakan ialah BA 1 dimana kondisi setelah komposit, hasil perhitungan excel menunjukkan panjang penyaluran pada saat kondisi setelah komposit maupun sebelum komposit ialah sama karena panjang penyaluran dipengaruhi oleh ketinggian balok

Data Balok Setelah Komposit

H = tinggi total balok = 550 mm

D = tinggi dari atas balok ke titik pusat tulangan lentur bawah  
 $= 550 - 40 - \frac{1}{2} \times 22$   
 $= 499 \text{ mm}$

d = tinggi dari atas balok ke titik pusat tulangan geser  
 As  $= 500 - 40 - \frac{1}{2} \times 10$   
 $= 455 \text{ mm}$

- Untuk Panjang penyaluran Tulangan Geser (As) :

Data Perencanaan :

db : 10 mm

fc' : 35 Mpa

fy : 420 Mpa

$$L_d = 0.24 \times f_y \times \frac{db}{\sqrt{f_y}} = 170.384 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Penyaluran Total} &= H - D + L_d \\ &= 550 - 499 + 170.384 \\ &= 265.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk Panjang penyaluran Tulangan Geser (Ah) :



Data Perencanaan :

db : 10 mm

fc' : 35 Mpa

fy : 420 Mpa

$$L_d = 0.24 \times f_y \times \frac{db}{\sqrt{f_y}} = 170.384 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Penyaluran Total} &= L_d \\ &= 170.384 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk Panjang penyaluran Tulangan Geser (As) :

Data Perencanaan :

db : 13 mm

fc' : 35 Mpa

fy : 420 Mpa

$$L_d = 0.24 \times f_y \times \frac{db}{\sqrt{f_y}} = 221.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Penyaluran Total} &= H-D+L_d \\ &= 550-499+221.5 \\ &= 272.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 8.5. Perencanaan Sambungan Pelat ke Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan yang dipasang memanjang melintas tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud-stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud – studnya tersebut diberi *overtopping* dengan metode *cast-in situ*. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

- Data Perencanaan Sambungan :

db : 10 mm

fc' : 35 Mpa

fy : 420 Mpa

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik  $l_d$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$l_d > \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$l_d > \left( \frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{35}} \right) 10 = 338.1 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik  $l_d = 350 \text{ mm}$

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1, bahwa panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan,  $l_{dc}$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut :

$$l_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} db = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{35}} 10 = 159.38 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0.043 \times f_y \times db = 0.043 \times 420 \times 10 = 180.6 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan  $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

## 8.6. Perencanaan Sambungan Tangga-Shearwall

Pada perencanaan tangga maupun perencanaan shearwall pada tugas akhir ini, direncanakan menggunakan metode *cast-in situ*, sehingga pada perencanaan sambungannya, dihitung panjang penyaluran dari tangga ke shearwall.

➤ Data Perencanaan:

$$db = 16 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

➤ Panjang Penyaluran Tulangan pada Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}} = \frac{0.24 \times 420 \times 16}{\sqrt{35}} = 272.61 \text{ mm}$$

$$ldh = 270.45 \times \frac{420}{400} \approx 283 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 300 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 16 = 192 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$ .

➤ Panjang Penyaluran Tulangan pada Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 16 = 272.6 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 16 = 288.96 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $ldc = 300 \text{ mm}$ .

### 8.7. Perencanaan Sambungan Balok Induk ke Shearwall

panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam shearwall. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan *Cast-in-situ* dimana merupakan jenis sambungan basah(wet connection), dimana pengaplikasiannya adalah dengan mengecor panjang penyaluran tulangan dari balok yang terhubung ke shearwall, hal ini dimungkinkan karena shearwall merupakan elemen yang cast-in-situ, selain itu sambungan cast-in-situ lebih dapat menjamin bahwa sambungan antara shearwall - balok merupakan perletakan jepit sehingga dapat menahan momen maupun gaya gaya gempa.

#### ❖ Sambungan Balok 50/70 – Shearwall

Karena pada sambungan balok - shearwall menggunakan sambungan cast-in-situ/ sambungan cor setempat sehingga diperlukan perhitungan panjang penyaluran dari balok ke shearwall

Untuk konsol pendek dan sambungan balok ukuran 50/70 ke dalam shearwall dapat disamakan seperti panjang penyaluran tulangan balok ke kolom.

#### ➤ Data Perencanaan Sambungan:

$d_b = 25 \text{ mm}$

$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

$f_y = 420 \text{ Mpa}$

#### ➤ *Single Sided Connection*

##### ➤ Panjang Penyaluran

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan

$$l_{dh} = \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$l_{dh} = \frac{0.24 \times 420 \times 25}{\sqrt{35}} = 425.96$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $l_{dh} = 430 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam shearwall dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

➤ Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 425.96 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 460 \text{ mm}$  dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$ .

➤ *Double Sided Connection*

➤ Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada

tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = \frac{0.24 \times fy \times db}{\sqrt{f'c}}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$ldh = \frac{0.24 \times 420 \times 25}{\sqrt{35}} = 425.96 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 430 \text{ mm}$

➤ Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{f'c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 425.96 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $ldc = 460 \text{ mm}$ .

## **BAB IX**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **9.1. Umum**

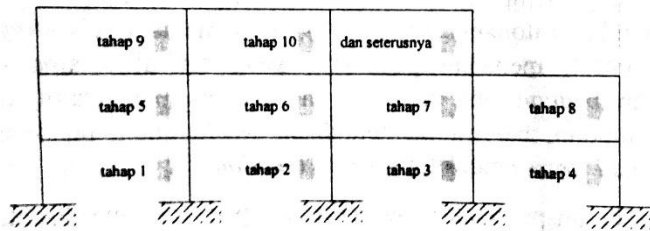
Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

#### **9.2. Sistem Struktur**

Berbeda dengan bangunan gedung yang proses konstruksinya menggunakan proses tradisional, bangunan yang menggunakan teknologi beton pracetak memerlukan perencanaan lebih detail, dimulai dari proses perancangan arsitektur, perancangan struktur, proses transportasi, hingga proses pelaksanaan dilapangan. Sistem struktur yang dipakai pada kebanyakan bangunan lebih ditentukan oleh proses produksi di pabrik, proses transportasi, dan proses pelaksanaan dilapangan.

##### **9.2.1. Metode Horizontal**

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses erection yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk penerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah cor ditempat.



**Gambar 9. 1** Metode Perencanaan Erection Arah Horizontal

### 9.2.2. Metode dan Peralatan Erection

#### ➤ Metode Erection

Proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain :

- System struktur bangunan.
- Jenis alat sambung yang digunakan.
- Kapasitas alat angkat crane yang tersedia.
- Kondisi lapangan.

Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertical dan metode horizontal. Namun, dalam tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode horizontal.

#### ➤ Peralatan Erection

Elemen struktur pracetak pada masing masing komponen diperitungkan yang paling berat, adalah sebagai berikut :

1. Balok Induk 50/75 ( $L = 8.5 \text{ m}$ )  
 $W = 0,5 \times (0,75 - 0,15) \times 8.5 \times 2,4 = 6.12 \text{ ton}$
2. Balok Anak 40/60 ( $L=8.5\text{m}$ )  
 $W = 0,4 \times (0,6 - 0,15) \times 8.5 \times 2,4 = 3.672 \text{ ton}$
3. Pelat  
 Ukuran Pelat  $4 \times 2.5$  ( $t = 10 \text{ cm}$ )  
 $W = 4 \times 2.5 \times 0,1 \times 2,4 = 2.4 \text{ ton}$



Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu kolom balok induk sebesar 6.12 ton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain:

- Jenis Tower Crane Tipe QTZ250(7032)
- Jarak jaungkau maksimum yang direncanakan 30 m dengan beban maksimum 9.6 ton
- Tower crane yang digunakan 1 buah

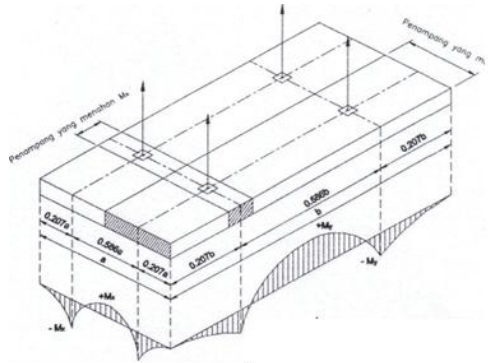
### **9.2.3. Pengangkatan Elemen Pracetak**

Dalam perencanaan bangunan yang menggunakan metode pracetak dibutuhkan metode pengangkatan saat erection. Hal ini sangat penting dijadikan perhatian karena proses rection sangat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode pracetak.

#### ➤ Pengangkatan pelat pracetak

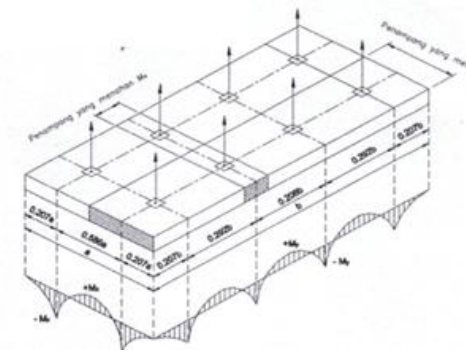
Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

- Dua Titik Angkat



**Gambar 9. 2** Dua Titik Angkat pada Pelat Pracetak

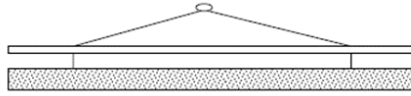
- Empat Titik Angkat



**Gambar 9. 3** Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak

➤ **Pengangkatan Balok Pracetak**

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



**Gambar 9. 4** Pengangkatan Pada Elemen Balok

#### **9.2.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak**

System transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton.

#### **9.2.5. Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak**

##### ➤ Pemasangan Elemen Balok Induk

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok dan konsol pendek (*corbel*). Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*..

##### ➤ Pemasangan Elemen Balok Anak

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak

diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom. Sedangkan, tulangan utama balok anak yang tulangan atas dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI.

➤ Pemasangan Elemen Pelat

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan, dimana elemen pelat ditumpukan sepanjang 2.5 cm di selimut balok. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk

## **BAB X**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **10.1. Umum**

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).

#### **10.2. Beban Struktur**

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. Beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- $D$
- $D + L$
- $D + 0.75L$
- $D + 0.7E$
- $D + 0.75L + 0.75(0.7E)$
- $0.6D + 0.7E$

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan  $P_{ijin}$  1 tiang. Berikut ini adalah output dari joint reaction pada pondasi.

**Tabel 10. 1** Beban Aksial Kolom

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D+L	9.15	12.6	1542.44	19.71	16.99
D+0,7Ey	19.26	22	1124.75	158.73	99.37
D+0,7Ex	34.4	15.6	1115.47	41.37	153.25
D+0,75L+0,525 Ey	14.64	25.79	1405.11	149.89	75.39
D+0,75L+0,525 Ex	27.24	17	1398.16	53.13	118.74
D+0,75L	8.22	11.52	1177.37	17.08	15.24
D	5.45	8.3	1191.46	13.04	9.99
0,6D+0,7Ey	11.2	34.31	648.52	199.33	98.94
0,6D+0,7Ex	33.94	12.29	639.25	68.53	182.54
Envelope Ultimate	34.4	13.36	639.25	199.51	183.83

**Tabel 10. 2** Beban Aksial *Shearwall*

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D+L	255.09	265.47	17392.12	33.35	52.12
D+0,7Ey	265.94	252.28	17206.29	34.56	53.18
D+0,7Ex	262.67	254.67	17246.19	33.99	53.94
D+0,75L+0,525 Ey	250.32	277.85	17542.44	33.5	52.21
D+0,75L+0,525 Ex	270.03	241.86	17082.3	34.34	53.98
D+0,75L	258.83	258.94	17306.64	33.56	52.34
D	256.86	261.87	17343.63	33.48	52.24
0,6D+0,7Ey	272.03	240.69	17052.48	34.94	53.54
0,6D+0,7Ex	274.34	233.6	16970.4	34.71	54.58
Envelope Ultimate	253.39	274.06	17488.65	33.88	53.44

### 10.3. Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang  $f_c' = 52 \text{ Mpa}$  (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan berdasarkan produk dari PT. Wijaya Karya Beton :

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Kelas tiang : A1
- *Concrete cross section* : 1570.80 cm<sup>2</sup>
- Berat : 393 kg/m
- Panjang : 6 – 16 m
- *Bending moment crack* : 17 t.m
- *Beding momen ultimate* : 25.5 t.m
- *Allowable axial load* : 252.7 ton

### 10.4. Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Perkantoran One Galaxy Surabaya adalah data tanah Proyek Gedung One East Surabaya, yang merupakan hasil Uji PT. Investasi Hasil Sejahtera (Testana Indoteknika).

## **10.5. Daya Dukung Pondasi**

### **10.5.1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal**

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Perkantoran One Galaxy Surabaya adalah data tanah Proyek Gedung One East Surabaya, yang merupakan hasil Uji PT. Investasi Hasil Sejahtera (Testana Indoteknika).

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (  $Q_p$  ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (  $Q_s$  ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari Terzaghi Bazaraa 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempung, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$



a.  $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N-15)$

b.  $N_1 = 0.6 N$

Kemudian dipilih harga  $N_1$  yang terkecil.

2. Koreksi terhadap Overburden tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal, dengan rumus sebagai berikut :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0.4 P_o}, \text{ untuk } P_o < 0.75 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25 + 0.1 P_o}, \text{ untuk } P_o > 0.75 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Dimana:

$N_p$  = Harga rata-rata SPT disekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasa tiang pondasi.

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

$$= 12 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah lempung}$$

$$= 20 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah lanau berlempung}$$

$$= 25 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah lanau berpasir}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah pasir}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2, \text{ untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)}$$

H.G)

$A_p$  = Luas Penampang dasar tiang

$$= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.45^2 = 0.158 \text{ m}^2$$

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$Q_s = q_s \times A_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s$$

Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $\text{t/m}^2$

Ns = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,  
dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

As = keliling x panjang tiang yang terbenam

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{Qu}{SF}$$

Dimana : SF = safety factor = 3

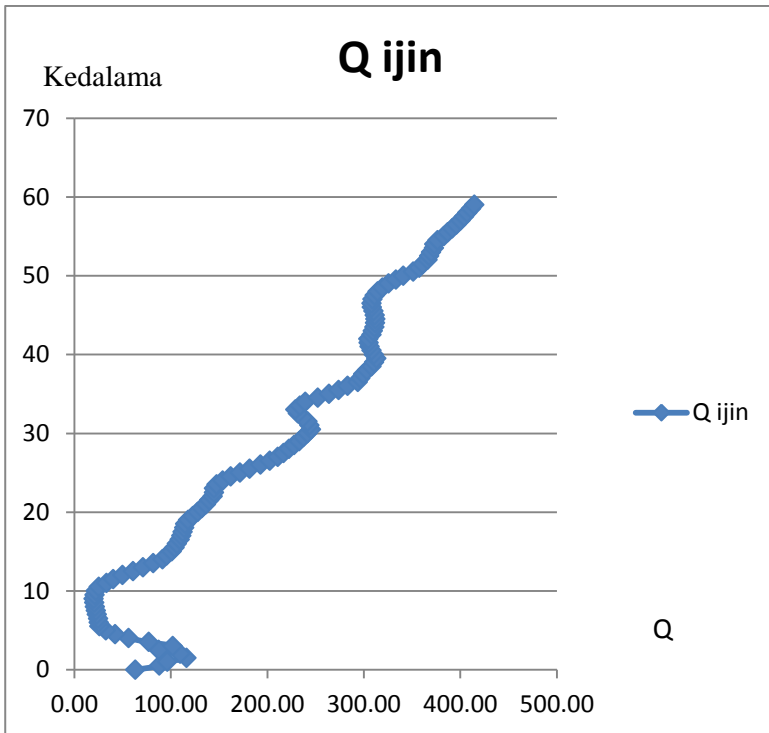
**Tabel 10. 3** Daya Dukung Tanah  
(Dilampirkan)

Sehingga diambil kedalaman tiang pancang sebagai berikut :

Beban ijin aksial 1 tiang = 252.70 ton

Pada kedalaman 34.5 m daya dukung tanah = 252.42 ton

Maka panjang tiang yang digunakan (dikurangi tinggi  
basement) =  $34.5 - 3.7$   
= 30.8 m



**Gambar 10. 1** Grafik Daya Dukung Tanah

### 10.5.2. Pengaturan Jarak Antar Tiang Pancang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1.1 meter.

- Jarak antar tiang :

$$2 D \leq S \leq 3 D$$

$$2 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$120 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang = 150 cm.

- Jarak tepi tiang pancang :

$$1 D \leq S1 \leq 2 D$$

$$1 \times 60 \leq S1 \leq 2 \times 60$$

$$60 \text{ cm} \leq S1 \leq 120 \text{ cm}$$

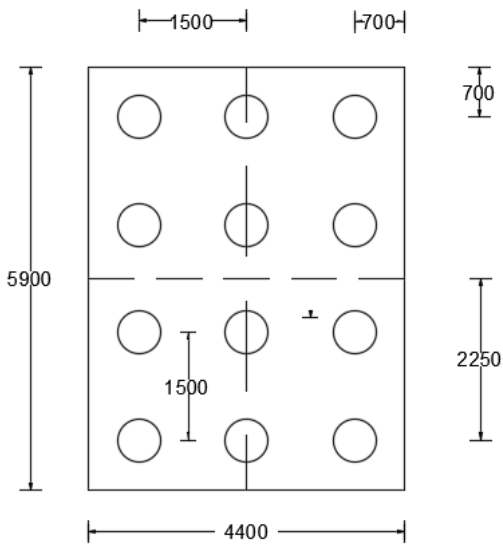
.Digunakan jarak tiang ke tepi = 70 cm.

### 10.5.3. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

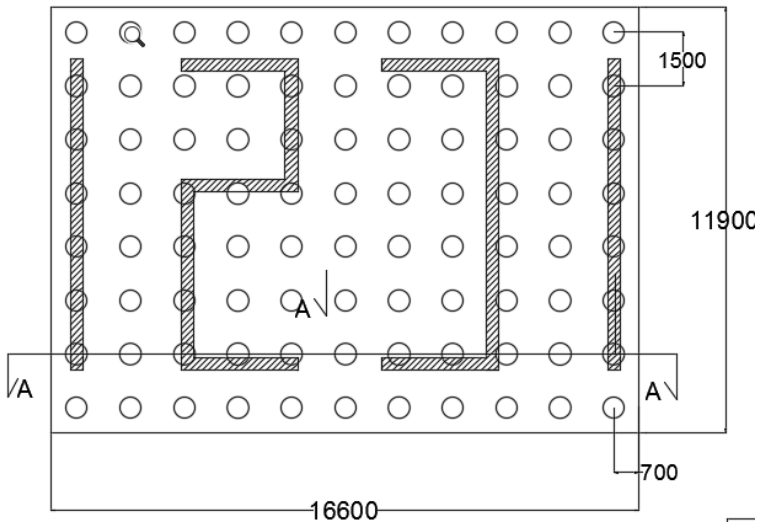
Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum Y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} (1 \text{ tiang})$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang Tipe 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L.



**Gambar 10. 2** Tiang Grup Tipe 1



**Gambar 10. 3** Tiang Grup Tipe 2

$$P = 1542.44 \text{ ton}$$

$$N = 12 \text{ tiang}$$

$$M_x = M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) = 19.71 + (12.6 \times 1.3) = 28.55 \text{ t.m}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) = 16.99 + (9.15 \times 1.3) = 32.31 \text{ t.m}$$

$$X_{\text{max}} = 1.5 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 2.25 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{1542}{12} + \frac{28.55 \times 32.31}{2.25} + \frac{32.31 \times 2.25}{35.625} \leq 252.42 \text{ t}$$

$$160.72 \text{ t} \leq 252.42 \text{ t (1 tiang) (OK)}$$

**Tabel 10. 4 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1**

Kombinasi	Kebutuhan tiang (buah)	P/n (ton)	Xmax	Ymax	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
D+L	12	128.5367	1.5	2.25	43.3275	2.25	72.6975	5.625	160.7173	252.42	OK
D+0.7Ey	12	93.72917	1.5	2.25	177.945	2.25	406.6425	5.625	245.1078	252.42	OK
D+0.7Ex	12	92.95583	1.5	2.25	296.955	2.25	128.1825	5.625	247.7238	252.42	OK
D+0.75L+0.525 Ey	12	117.0925	1.5	2.25	141.633	2.25	395.28	5.625	250.3125	252.42	OK
D+0.75L+0.525 Ex	12	116.5133	1.5	2.25	231.228	2.25	157.7925	5.625	247.3333	252.42	OK
D+0.75L	12	98.11417	1.5	2.25	38.889	2.25	64.35	5.625	126.8382	252.42	OK
D	12	99.28833	1.5	2.25	25.6125	2.25	48.015	5.625	119.2077	252.42	OK
0.6D+0.7Ey	12	54.04333	1.5	2.25	170.25	2.25	525.69	5.625	223.166	252.42	OK
0.6D+0.7Ex	12	53.27083	1.5	2.25	339.993	2.25	181.845	5.625	236.7068	252.42	OK

**Tabel 10. 5 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 2**

Kombinasi	Kebutuhan tiang (buah)	P/n (ton)	Xmax	Ymax	My . Xmax	$\sum x^2$	Mx . Ymax	$\sum y^2$	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
D+L	88	197.6377	7.5	5.25	2381.925	132.75	1514.31	47.25	247.6296	252.42	OK
D+0.7Ey	88	195.526	7.5	5.25	2290.95	132.75	1577.625	47.25	246.1725	252.42	OK
D+0.7Ex	88	195.9794	7.5	5.25	2314.575	132.75	1557.465	47.25	246.3772	252.42	OK
D+0.75L+0.525 Ey	88	199.3459	7.5	5.25	2475.45	132.75	1490.055	47.25	249.5289	252.42	OK
D+0.75L+0.525 Ex	88	194.117	7.5	5.25	2218.8	132.75	1597.943	47.25	244.6501	252.42	OK
D+0.75L	88	196.6664	7.5	5.25	2334.6	132.75	1535.048	47.25	246.7406	252.42	OK
D	88	197.0867	7.5	5.25	2355.825	132.75	1524.285	47.25	247.093	252.42	OK
0.6D+0.7Ey	88	193.7782	7.5	5.25	2206.725	132.75	1611.593	47.25	244.5091	252.42	OK
0.6D+0.7Ex	88	192.8455	7.5	5.25	2161.35	132.75	1622.513	47.25	243.4657	252.42	OK

#### 10.5.4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi ( $\eta$ ) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left( 1 - \frac{36 \times S}{(75 \times S^2 - 7)} \times \left( \frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$

Dimana  $Q_L (\text{group})$  harus lebih besar dari P yang terjadi.

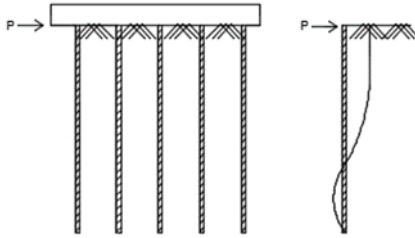
**Tabel 10. 6 Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Sebagai Group Tipe 1**

Tipe	Kombinasi	P ijin tanah (ton)	Jumlah tiang	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	$\eta$	Ql (ton)	P ijin tiang (ton)	Ql (group) > P ijin
1	D+L	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	1928.608	OK
1	D+0,7Ey	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	2941.294	OK
1	D+0,7Ex	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	2972.686	OK
1	D+0,75L+0,525 Ey	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	3003.75	OK
1	D+0,75L+0,525 Ex	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	2968	OK
1	D+0,75L	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	1522.058	OK
1	D	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	1430.492	OK
1	0,6D+0,7Ey	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	2677.992	OK
1	0,6D+0,7Ex	252.42	12	3	4	1500	1.062858	3219.4	2840.482	OK

**Tabel 10. 7 Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Sebagai Group Tipe 2**

Tipe	Kombinasi	P ijin tanah (ton)	Jumlah tiang	m (kolom)	n (baris)	S (mm)	$\eta$	Ql (ton)	P ijin tiang (ton)	Ql (group) > P ijin
2	D+L	252.42	88	11	8	1500	1.038457	23066.92	21791.4	OK
2	D+0,7Ey	263.93	88	11	8	1500	1.038457	24119.26	21663.18	OK
2	D+0,7Ex	273.85	88	11	8	1500	1.038457	25025.74	21681.2	OK
2	D+0,75L+0,525 Ey	283.14	88	11	8	1500	1.038457	25874.53	21958.55	OK
2	D+0,75L+0,525 Ex	293.77	88	11	8	1500	1.038457	26845.99	21529.21	OK
2	D+0,75L	296.57	88	11	8	1500	1.038457	27101.36	21713.17	OK
2	D	299.56	88	11	8	1500	1.038457	27375.02	21744.19	OK
2	0,6D+0,7Ey	303.59	88	11	8	1500	1.038457	27743.3	21516.8	OK
2	0,6D+0,7Ex	308.25	88	11	8	1500	1.038457	28169	21424.98	OK

### 10.5.5. Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



**Gambar 10. 4** Defleksi akibat gaya lateral tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$\delta$  = defleksi yang terjadi

$Fd$  = koefisien defleksi

$P$  = Gaya lateral 1 tiang

$T$  = *Relative stiffnes Factor*

Tipe 1

Jumlah tiang = 12

$H_{\max}$  = 12.6 t

$H_{\max}$  1 tiang = 1.05 t

$C_u = 0.75 \text{ kg/cm}^2$

$$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times \frac{0.75}{0.977} = 1.535 \frac{\text{t}}{\text{ft}^3}$$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan  $f = 10 \text{ t/ft}^3 = 0.32 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c} = 338921.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 510508.81 \text{ cm}^4$$

dari spesifikasi brosur tiang pancang wika beton



$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338921,82 \times 510508,81}{0,32}\right)^{\frac{1}{5}} = 222,12 \text{ cm}$$

Fd(deflection coefficient)

L = 5 m = 500 cm (kedalaman tiang pancang)

T = 222.12 cm

L/T = 2.25

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*

maka didapatkan Fd = 0.89

$$\delta = Fd \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,89 \left( \frac{0,7035 \times 222,12^3}{338921,82 \times 510508,81} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,04 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

Kontrol Momen :

M<sub>crack</sub> = 8.5 tm (tabel spesifikasi tiang pancang / (SF=2))

L/T = 1.531

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan Fm = 0.88

$$M = Fm(PT) \leq M_{banding \text{ crack}} \text{ (SF=2)}$$

$$M = 0,88 \times (0,7035 \times 222,12) \leq 8,5 \text{ tm}$$

$$M = 1,375 \text{ tm} \leq 8,5 \text{ tm} \text{ (OK)}$$

**Tabel 10. 8 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral**

Tipe	Jumlah tiang	Kombinasi	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
1	12	D+L	1.05	0.059855	oke	2.052402	8.5	oke
1	12	D+0,7Ey	1.833333	0.104509	oke	3.583356	8.5	oke
1	12	D+0,7Ex	2.866667	0.163414	oke	5.603385	8.5	oke
1	12	D+0,75L+0,525 Ey	2.149167	0.122513	oke	4.20091	8.5	oke
1	12	D+0,75L+0,525 Ex	2.27	0.129401	oke	4.437099	8.5	oke
1	12	D+0,75L	0.96	0.054725	oke	1.876482	8.5	oke
1	12	D	0.691667	0.039428	oke	1.351979	8.5	oke
1	12	0,6D+0,7Ey	2.859167	0.162986	oke	5.588725	8.5	oke
1	12	0,6D+0,7Ex	2.828333	0.161229	oke	5.528456	8.5	oke

**Tabel 10. 9 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral**

Tipe	Jumlah tiang	Kombinasi	H max (ton)	$\delta$ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
2	88	D+L	3.016705	0.171967	oke	5.896659	8.5	oke
2	88	D+0,7Ey	3.022045	0.172271	oke	5.907099	8.5	oke
2	88	D+0,7Ex	2.984886	0.170153	oke	5.834465	8.5	oke
2	88	D+0,75L+0,525 Ey	3.157386	0.179986	oke	6.171645	8.5	oke
2	88	D+0,75L+0,525 Ex	3.068523	0.174921	oke	5.997946	8.5	oke
2	88	D+0,75L	2.9425	0.167737	oke	5.751614	8.5	oke
2	88	D	2.975795	0.169635	oke	5.816695	8.5	oke
2	88	0,6D+0,7Ey	3.09125	0.176216	oke	6.042371	8.5	oke
2	88	0,6D+0,7Ex	3.1175	0.177712	oke	6.093681	8.5	oke

### 10.5.6. Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- Pu = 1542 ton
- $P_{max}$  ( 1 tiang ) = 250.3125 ton
- Jumlah tiang pancang = 12 buah
- Dimensi poer = 4.4 m x 4.9 m x 1.3 m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 MPa
- Diameter tulangan = 29 mm

- Selimut beton = 60 mm
- $\lambda$  = 1 (beton normal)
- $\alpha_s$  = 20 (kolom sudut)
- Tinggi efektif (d)  
 $d_x = 1300 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1225.5 \text{ mm}$   
 $d_y = 1300 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1196.5 \text{ mm}$

### 10.5.7. Kontrol Geser Pons

#### 1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non- prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan SNI 2847:2012 pasal 11.11.2.1 nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

- $\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior
- $\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek  
 $= 5900/4400 = 1.34$
- $b_o$  = Keliling penampang kritis  
 $= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$   
 $= 2 (1100 + 1225.5) + 2 (1100 + 1225.5)$   
 $= 9302 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$\begin{aligned}
&= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1.34} \right) 1. \sqrt{40} \times 9302 \times 1225.5 \\
&= 30537528.89 \text{ N} \\
V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,083 \times \left( \frac{20 \cdot 1225.5}{9302} + 2 \right) 1. \sqrt{40} \times 9302 \times 1225.5 \\
&= 27735737.67 \text{ N} \\
V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,333 \cdot 1. \sqrt{40} \times 9302 \times 925.5 \\
&= 24008436.58 \text{ N}
\end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $24008436.58 \text{ N} = 2400843.658 \text{ Kg}$

$$\begin{aligned}
\phi V_c &= 0,75 \times 2400843.658 = 1800632.744 \text{ kg} \\
&= 1800.632744 \text{ ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_c &= 1800.63 \text{ ton} > P_u - P_{\text{pile}} \\
\phi V_c &= 1800.63 \text{ ton} > 1542 - (250 \times 1) \\
&= 1800.63 \text{ ton} > 1291.77 \text{ ton (OK)}
\end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

## 2. Akibat Pancang

$$\begin{aligned}
\beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\
&= 5900/4400 = 1.34
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_o &= (0,25 \times \pi \times (600 + 1225.5)) \\
&= 1696.929 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{c1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1.3} \right) 1. \sqrt{40} \times 1696.929 \times 1225.5 \\
&= 5675790.832 \text{ N} \\
V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,083 \times \left( \frac{20 \cdot 1225.5}{1696.929} + 2 \right) 1. \sqrt{40} \times 1696.929 \times 1225.5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 17950875.86 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333\lambda\sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 1696.929 \times 1225.5 \\
 &= 4379768.006 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $4379768.006 \text{ N} = 437976.8006 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 437976.8006 = 328482.6005 \text{ kg} \\
 &= 328.4826005 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

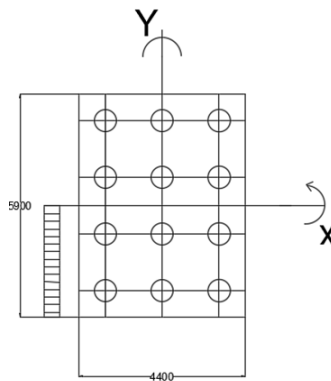
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 328.483 \text{ ton} > P_{\text{mak}} \\
 &= 328.483 \text{ ton} > 250 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

### 10.6. Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

#### 1. Penulangan Tarik Arah X



**Gambar 10. 5** Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 250 \text{ ton} \\
 P &= 3 \times 250 = 750 \text{ ton} \\
 q &= 4.4 \times 2.4 \times 1.3 = 13.728 \text{ ton/m} \\
 qu &= 13.728 \text{ ton/m} \times 1.2 = 16.47 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 Mu &= P(a_l) - \frac{1}{2} qux. L^2 \\
 &= (750 \times (0.75 + 2.25)) - (\frac{1}{2} \times 29.2032 \times (2.95)^2) \\
 &= 2178.319248 \text{ t.m} \\
 &= 21783192480 \text{ N.mm} \\
 d_x &= 1300 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1225.5 \text{ mm} \\
 d_y &= 1300 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1196.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.0033333$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0.003765$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'c} = \frac{420}{0.85 \cdot 40} = 12.353$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{24743424000}{0.9 \times 5900 \times 1225.5^2} = 2.73$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 2.73}{420}} \right) = 0.006788166
 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\text{pakai}} = 0.006788166$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0.006788166 \times 1000 \times 1225.5 = 8318.897214 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $As = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{8318.897}{660,7857} = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{13} = 76.9 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–75 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{100} \\ &= 8810.47619 \text{ mm}^2 > 8318.897214 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

## 2. Penulangan Tekan Arah X

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 8318.897214 = 4159.448607 \text{ mm}^2$$

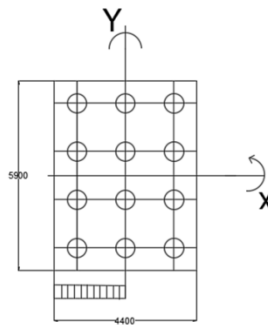
Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380.1327 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4159.448607}{380.1327} = 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{7} = 90.9 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–75 mm

## 3. Penulangan Tarik Arah Y



**Gambar 10. 6** Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 250 \text{ ton}$$

$$P = 4 \times 250 = 1000 \text{ ton}$$

$$q = 5.9 \times 2.4 \times 1.3 = 18.408 \text{ ton/m}$$

$$qu = 18.408 \text{ ton/m} \times 1.2 = 22.1 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} Mu &= P \cdot a - \frac{1}{2} q_{ux} \cdot L^2 \\ &= (750 \times 1.5) - (\frac{1}{2} \times 22.1 \times (2.2)^2) \\ &= 1448.418168 \text{ t.m} \\ &= 14484181680 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1300 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1225.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1300 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 1196.5 \text{ mm}$$

- Mencari  $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,003765$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033333$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,003765$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,353$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{22494483700}{0,75 \times 4400 \times 1196,5^2} = 2,299$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 2,299}{420}} \right) = 0,005674 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\text{pakai}} = 0,005674$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,005674 \times 1000 \times 1196,5 = 6788,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{6788,46}{660,7857} = 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{11} = 90,9 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–90 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\ &= 7342,063492 \text{ mm}^2 > 5919,671591 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$



#### 4. Penulangan Tekan Arah Y

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 5919.671591 = 3394.229875 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380.1327 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3394.229875}{380.1327} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 111.11 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–90 mm

#### 10.7. Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan pada pondasi (pile cap) dapat bergerak secara bersamaan, dengan kata lain, balok sloof pada pondasi berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

b	= 450 mm
h	= 650 mm
f' <sub>c</sub>	= 40 MPa
f <sub>y</sub>	= 420 MPa
Selimut beton	= 40 mm
Tulangan utama	= D19
Tulangan Sengkang	= D10
Selimut beton	= 40 mm
Bentang	= 8.5 m
d	= 650-(40+10+ ½ 19) = 590.5 mm
Gaya Aksial Kolom	= 9193.7421 kN
Pu Sloof	= 10% x 9193.7421 = 919.37 kN = 919374. 21 N

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara poer harus diproporsikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom

yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{8500}{20} = 425 \leq 450$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

### 10.7.1. Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom .

Konstruksi Sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3., sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini :

$$qd = 0.45 \times 0.65 \times 2400 = 702 \text{ kg/m}$$

$$qu = 1.2 \times 702 = 824,4 \text{ kg/m}$$

$$Mu_{tumpuan} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

$$\begin{aligned} Mu_{tumpuan} &= \frac{1}{12} \times 842.4 \times 8.5^2 \\ &= 5071.95 \text{ kgm} = 51.7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Pu \text{ Sloof} = 919.37 \text{ kN}$$

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{selimut beton (c = 40mm)} = 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{senggang (D10)} = 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$3 \times D22 \setminus 19 = 3 \times 19 = 57 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{jarak antara 25 mm} = 2 \times 25 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 207 \text{ mm}$$

Total lebar < lebar balok 450 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

**10.7.2. Penulangan geser sloof**

$$Vu = \frac{1}{2} qu \times L = \frac{1}{2} \times 824.4 \times 8.5 = 3495.96 \text{ kg}$$

$$= 356.37 \text{ N}$$

$$d' = 650 - 40 - 10 - 19/2 = 590.5 \text{ mm}$$

$$Vc = \frac{bw \times d \times \sqrt{f'c'}}{6} = \frac{450 \times 590.5 \times \sqrt{40}}{60} = 280009.87 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0.75 \times 280009.87 = 21007.4 \text{ N} =$$

$$2016082.65 \text{ Kg}$$

$\phi Vc > Vu$  (tulangan geser tidak diperlukan)

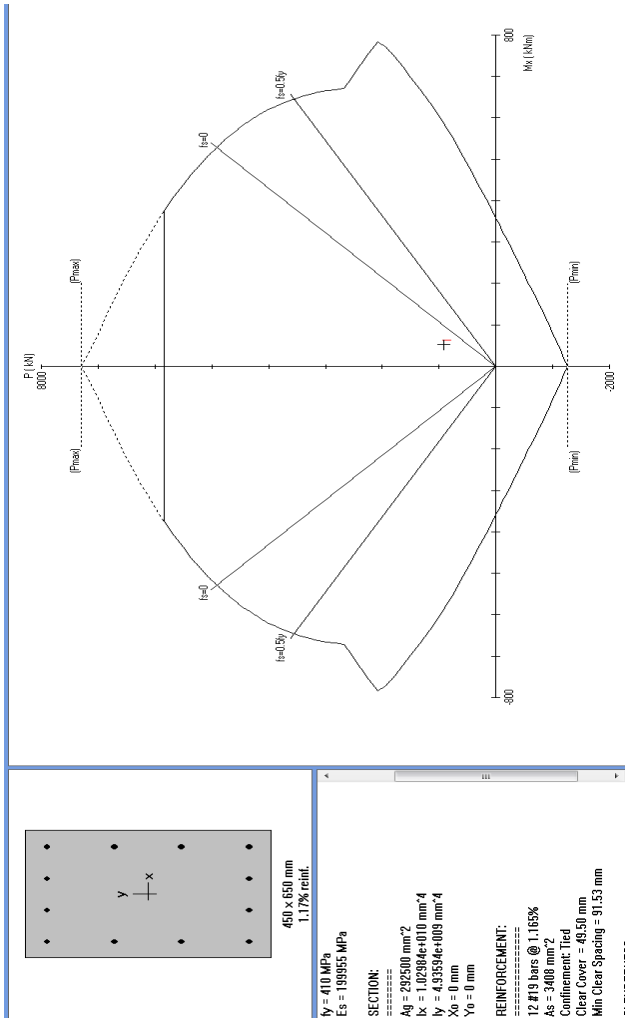
Jadi dipasang tulangan geser min

Smaks = d/2 atau 300 mm

$$d/2 = 589/2 = 294.5 \text{ mm}$$

$$Av \text{ min} = \frac{bw \times s}{3fy} = \frac{450 \times 250}{3 \times 420} = 89.29 \text{ mm}^2$$

Dipasang Sengkang 2D10-250 mm



Gambar 10. 7 Output spColumn untuk balok sloof

## 10.8. Perencanaan Pelat Dasar Basement

`Data-data perencanaan pelat beton :

Tebal pelat	= 250 mm
Selimut beton	= 70 mm
Ly	= 7.95 m
Lx	= 3.5 m
$\beta$	= 2.3
Mutu Beton	= 40 Mpa
Mutu Tulangan	= 410 Mpa
Elevasi Muka Air Tanah	=- 1.5 m
Berat Jenis Air	= 1000 kg/m <sup>3</sup>

### 10.8.1. Akibat Gaya Uplift

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya uplift yang bekerja dengan sebagai berikut :

$$q_{air} = h_{air} \times \text{berat jenis air} = (3.7-1.5) \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ = 2200 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan q air = 2200 kg/m<sup>2</sup>. Nilai q air tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat basement itu sendiri.

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c' - 28)}{7} \quad (\text{SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3}) \\ = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2)})$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 35}{410} \left( \frac{600}{600 + 410} \right) = 0.037$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \quad (\text{SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3)})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.37 = 0.0282$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'c'}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{410} = 0.0038$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,0034$$

digunakan  $\rho_{\min} = 0,0038$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{410}{0,85 \cdot 40} = 12,058$$

dx = tebal pelat – selimut beton -0.5 diameter tulangan bawah

$$dx = 250 - 70 - (0.5 \times 12) = 174 \text{ mm}$$

dy = tebal pelat – selimut beton - diameter tulangan bawah-0.5 diameter tulangan atas

$$dy = 250 - 70 - 12 - (0.5 \times 12) = 162 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2200 \cdot 3.5^2 \cdot 42 = 1131.9$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2200 \cdot 3.5^2 \cdot 83 = -2236.85 \text{ kg-m}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2200 \cdot 7.95^2 \cdot 11 = 1529.5005 \text{ kg-m}$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2200 \cdot 7.95^2 \cdot 57 = -7925.935 \text{ kg-m}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{2236.85 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 174^2} = 0.844$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.058} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.058 \times 0.844}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.002086$$

$$\rho_{paka} < \rho_{\min} = 0.003856$$

$$As_{pakai} = \rho \times b \times d = 0.003856 \times 1000 \times 174 = 671.1 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{As \text{ perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{671.1} \\ = 168.54 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur arah X D12- 150 mm

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{7925.935 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 162^2} = 3.36$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.058} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.058 \times 3.36}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.0086$$

$$As \text{ pakai} = \rho \times b \times d = 0.0086 \times 1000 \times 162 = 1398.65 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{As \text{ perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{1365.4} =$$

$$82.80.86 \text{ tulangan lentur arah Y D12- 80 mm}$$

### 10.8.2. Akibat Beban Parkir

Perhitungan gaya uplift yang bekerja pada basement

- Pembebanan Pelat Tangga

#### **Beban Mati (DL)**

$$\text{Berat Beton} = 0.25 \times 2400 = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi 2 cm} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 642 \text{ kg/m}^2 \quad +$$

#### **Beban Hidup (LL)**

$$\text{Beban hidup lantai} = 800 \text{ kg/m}^2$$

#### **Kombinasi Beban**

$$Q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$= 1.2 (642) + 1.6 (800)$$

$$= 2050.4 \text{ kg/m}^2$$

Dengan menggunakan koefisien momen di PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

- $M_l = 0.001 \cdot q_u \cdot L \cdot x^2 \cdot X$

- $Mlx=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 3,5^2 \cdot 42 = 1054.93 \text{ kg-m}$
- $Mtx=0,001 \cdot \text{qu. } Lx^2 \cdot X$   
 $Mtx=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 3,5^2 \cdot 83 = -2084.74 \text{ kg-m}$
- $Mly=0,001 \cdot \text{qu. } Lx^2 \cdot X$   
 $Mly=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 7,95^2 \cdot 11 = 1425.5 \text{ kg-m}$
- $Mty=0,001 \cdot \text{qu. } Lx^2 \cdot X$   
 $Mty=0,001 \cdot 2050,4 \cdot 7,95^2 \cdot 57 = 7386.65 \text{ kg-m}$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{2084.74 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 174^2} = 0.79$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.058} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.058 \times 4.23}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.002 < \rho \text{ min}$$

$$As \text{ pakai} = \rho \times b \times d = 0.00386 \times 1000 \times 174 = 671.1 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{As \text{ perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{1874.13} = 168.54 \text{ mm}$$

tulangan lentur arah X D12- 150 mm

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{7386.65 \times 10^4}{0.9 \times 1000 \times 162^2} = 3.13$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.058} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.058 \times 3.13}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.0080$$

$$As \text{ pakai} = \rho \times b \times d = 0.008 \times 1000 \times 162 = 1298.43 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{As \text{ perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{1298.43} = 87.1 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur arah Y D12- 85 mm



**Tabel 10. 10** Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement

Tipe Pelat	Bentang		Penulangan	
	Lx (m)	Ly (m)	Arah X	Arah Y
Tipe 1	3.55	7.45	Ø12-150mm	Ø12-90mm
Tipe 2	3.55	7.95	Ø12-150mm	Ø12-80mm
Tipe 3	2.2	7.7	Ø12-150mm	Ø12-85mm
Tipe 4	1.9	2.05	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 5	1.15	1.95	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 6	1.9	2.1	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 7	1.75	3.25	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 8	1.35	1.15	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 9	3.1	3.55	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 10	2.05	3.55	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 11	1.15	3.55	Ø12-150mm	Ø12-150mm
Tipe 12	1.15	3.3	Ø12-150mm	Ø12-150mm

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB XI**

### **PENUTUP**

#### **11.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013, didapatkan hasil perhitungan dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

**Tabel 11. 11 Dimensi Struktur Sekunder**

<b>Struktur Sekunder</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Pelat	Lantai/ Atap	Pracetak	10	cm
		Komposit	15	cm
Balok Anak	BA1	Pracetak	40/40	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA2	Pracetak	40/45	cm
		Komposit	40/60	cm
	BA3	Pracetak	25/20	cm
	BA4			
	BA5			
	BA6	Komposit	25/35	cm
Tangga	Pelat Tangga	Cast-in- situ	15	cm
	Pelat Bordes		15	cm

**Tabel 11. 12 Dimensi Struktur Primer**

<b>Struktur Primer</b>				
<b>Elemen</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kondisi</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Satuan</b>
Balok Induk	BI1	Pracetak	50/55	cm
		Komposit	50/70	cm
	BI2	Pracetak	50/60	cm
		Komposit	50/75	cm
	BI3	Pracetak	35/55	cm
		Komposit	35/70	cm
	BI4	Pracetak	40/55	cm
		Komposit	40/70	cm
	BI5	Pracetak	35/55	cm
		Komposit	35/70	cm
	BI6	Pracetak	35/55	cm
		Komposit	35/70	cm
Kolom	Lt. Base-Lt. 2	Cast-in-situ	110/110	cm
	Lt. 3 - Lt. 7	Cast-in-situ	90/90	cm
	Lt. 8 - Lt. 25	Cast-in-situ	70/70	cm
<i>Shearwall</i>	Tipikal	Cast-in-situ	35	cm
Spun Pile	Tipikal	Diameter	100	cm
		Kedalaman	13.5	m
Pile Cap	Tipe 1	Cast-in-situ	440 x 590 x 130	cm

	Tipe 2	Cast-in-situ	1660 x 1190 x 130	cm
Balok Sloof	Tipikal	Cast-in-situ	65 x 45	cm
Pelat Basement	Tipikal	Cast-in-situ	25	cm

2. Analisa struktur gedung perkantoran One Galaxy Surabaya menggunakan program bantu ETABS 16. Perhitungan respon spectrum dibantu oleh website *puskim.pu.go.id*, dengan wilayah gempa Surabaya.
3. Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727 : 2013. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan peraturan di tersebut.
4. Sambungan pada elemen struktur pracetak menggunakan tipe sambungan basah (*wet joint*), untuk mengurangi resiko kemungkinan gagal menerima gaya lateral akibat gempa. Akan tetapi, untuk perletakan balok induk ke balok anak menggunakan perletakan sederhana, dengan diletakkan elastomer diatas konsol pendek yang menumpuk balok anak.
5. Semua elemen struktur yang sifatnya horizontal akan direncanakan pracetak akan tetapi untuk elemen struktur yang sifatnya vertical seperti tangga, dinding geser direncanakan dengan cast-in situ (cor setempat). Hal ini dimaksudkan agar pelaksanaan di lapangan lebih mudah selain itu umumnya di lapangan elemen struktur horizontal memerlukan waktu lama untuk proses pembuatannya

sehingga perlu diubah metodenya dengan pracetak half slab agar mengurangi waktu proyek secara keseluruhan.

6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pile cap berdasarkan metode tegangan design.
7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Perkantoran One Galaxy akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad pada lampiran.

### **11.2. Saran**

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan Tugas Akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep design sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan sesuai maupun tidak sesuai dengan yang apa yang kita harapkan.
2. Pada saat erection dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik. Saat proses erection, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, dikhawatirkan akan terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
3. Dalam pengembangan ke depannya elemen struktur yang sifatnya vertical ke atas seperti kolom dan shearwall agar dapat dikembangkan peraturan yang menyangkut perencanaan desain elemen struktur tersebut agar memungkinkan jika mendesain sesuai

dengan kondisi yang sesuai dengan apa yang terjadi di Indonesia.

4. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan dimungkinkan untuk digunakan sehingga sambungan diharapkan bersifat rigid/menyatu sama lain walau elemen strukturnya dari pracetak.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- ACI. *ACI 318-M14 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE*. U.S.A : American Concrete Institute.
- ACI. 2004. *DETAILING MANUAL* U.S.A : American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). Jakarta, Indonesia
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa. Jakarta: PU
- Dewi, R. S. K. 2011. "Konstruksi pracetak Tahan Gempa pada Rumah Susun Sewa Sederhana Universitas Muhammadiyah Malang", *Media Teknik Sipil*, 9.
- European Comission. 2012. *Design Guidelines for Connections of Precast Structures Under Seismic Actions*. Edited by Paolo Negro and Giandomenico Toniolo.
- Ervianto, W. I. 2006. *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting*. 1st edn. Edited by F. S. Suyantoro. Yogyakarta: C. V. ANDI OFFSET.
- Fani, F. 2012 . "Analisa Perbandingan Metode Pelaksanaan Cast in Situ Dengan Pracetak Terhadap Biaya dan Waktu", *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), pp. 1–6.
- H.N. Nurjaman, B.H Hariandja, H.R. Sidjabat. 2010. "*The Use of Precast Concrete Systems In The Construction of Low-Cost Apartments In The Indonesia*

- Imran, I. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Edited by T. Sarah. Bandung: Penerbit ITB.
- Jose, V. and Kumar, P. R. (2014) "Hollow Core Slabs in Construction Industry", *International Journall of Innovative Research in Science Engineering, and Technology*, 3(5), pp. 414–420.
- Moh. Romi., Iskandar Romey., Rian Tri., 2016. "Perbandingan Sistem Struktur dan Biaya Pelat Lantai Metode Precast *Half-Slab* dan Metode Konvensional".
- Nimse, R. B., Joshi, D. D. and Patel, P. V. (2014) "*Behavior of wet precast beam column connections under progressive collapse scenario: an experimental study*", *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 6(4), pp. 149–159. doi: 10.1007/s40091-014-0072-3.
- Noorhidana, V. A. .2009. "Sambungan Basah (*Wet-Joint*) Terhadap Beban Ultimate Abstrak", *Jurnal Rekayasa*, 13(1).
- Novdin M. 2012. "Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak pada Pembangunan Gedung".
- Nurjaman, Hari Nugraha., Lutfi Faizal, dan Hasiholan R. Sidjabat. 2010. "Perilaku Aktual Bangunan Gedung dengan Sistem Pracetak Terhadap Gempa Kuat". Seminar dan Pameran HAKI - Perkembangan dan Kemajuan Konstruksi Indonesia.
- PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 5th Edition. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6th Edition. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- Rudi Yuniarto., Ilham Nurhuda., Sukanta, Intan Fitriani., 2014. "perilaku dan kekuatan sambungan kolom pada sistem beton pracetak",
- Sianturi, N. M. .2012. "Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak pada Bangunan Gedung", *Jurnal Rancang Sipil Volume*, 1, pp. 10–20.

- Tjahjono, E. and Purnomo, H.. 2004. "Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar", *Makara Teknologi*, 8(3), pp. 90–97.
- Siti Aisyah Nurjannah. 2011. “Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi Serta Ramah Lingkungan”. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 26 -27 Oktober 2011

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **LAMPIRAN**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

Tabel 8.1 Rekapitulasi konsol pendek

Sambungan	Vu (kN)	Nu (kN)	Ukuran		D Longitudinal	D Transversal	Primer		Horizontal	
			b (mm)	h (mm)			Asc (mm2)	n	Ah (mm2)	n
Kolom-Balok(50/70)	339.526	67.9052	500	300	19 mm	16 mm	891.45389	4	437.9409	3
Kolom-Balok (50/75)	384.0312	76.80624	500	300	19 mm	16 mm	1008.306	4	482.2383	3
Shearwall-Balok (50/70)	339.5	67.9	500	300	19 mm	16 mm	891.38562	4	437.915	3
Shearwall-Balok (40/70)	204.71	40.942	400	200	19 mm	16 mm	618.98493	4	244.5052	3
Shearwall-Balok (35/70)	261.34	52.268	350	250	19 mm	16 mm	686.17001	2	260.1199	2
Balok Induk (50/70)- Balok Anak (40/55)	115.02	23.004	400	200	19 mm	16 mm	416.47765	2	171.7245	2
Balok Induk (50/70)- Balok Anak (40/60)	153.66	30.732	400	200	19 mm	16 mm	556.3898	2	229.4139	2
Balok Induk (50/70)- Balok Anak (25/35)	29.253	5.8506	400	200	19 mm	16 mm	105.92263	2	43.67465	1
Balok Induk (50/70)- Balok Anak (30/35)	21.4767	4.29534	400	200	19 mm	16 mm	77.765306	2	32.06465	1
Balok Anak(40/55)- Balok Anak (25/35)	29.253	5.8506	400	200	19 mm	16 mm	105.92263	2	43.67465	1
Balok Anak (40/55)- Balok Anak (30/35)	21.4767	4.29534	400	200	19 mm	16 mm	77.765306	2	32.06465	1

Tabel 9.3 Daya Dukung Tanah

Kedalam an	Nspt	L/P	N >15sand	N >15sand	N1	gsat	g '	po	Po kum	N2	2N1	N Corr	N rata2 ujung	Qujung	fsi	Rsi	S Rsi	Qult = Qujung + S Rsi	Qijin = Qult/SF	Q cabut
(m)			15+..	0,6 N		(t/m3)	(t/m3)	(ton/m2)	(ton/m2)					(ton)	(ton/m2)	(ton)	(ton)	(ton)	F=3 ; (ton)	F=3 ; (ton)
0	0	P	0	0	0	1.80	0.80	0.40	0.40	0	0	0	16.80	190.00	0.00	0.00	0.00	190.00	63.33	<b>0.00</b>
0.5	0	P	0	0	0	1.80	0.80	0.40	0.80	0	0	0	23.40	264.65	0.00	0.00	0.00	264.65	88.22	<b>0.00</b>
1	42	P	29	25	25	1.80	0.80	0.40	1.20	68	50	50	24.72	279.58	10.08	9.50	9.50	289.08	96.36	<b>3.17</b>
1.5	36	P	26	22	22	1.65	0.65	0.33	1.53	54	43	43	29.28	331.15	8.64	8.14	17.64	348.79	116.26	<b>5.88</b>
2	25	P	20	15	15	1.60	0.60	0.30	1.83	35	30	30	27.07	306.12	6.00	5.65	23.30	329.41	109.80	<b>7.77</b>
2.5	19	P	17	11	11	1.40	0.40	0.20	2.03	25	23	23	20.80	235.24	4.56	4.30	27.60	262.84	87.61	<b>9.20</b>
3	8	P	8	8	8	1.20	0.20	0.10	2.13	17	16	16	24.34	275.31	3.20	3.02	30.61	305.92	101.97	<b>10.20</b>
3.5	2	P	2	2	2	1.20	0.20	0.10	2.23	4	4	4	17.71	200.34	0.80	0.75	31.37	231.71	77.24	<b>10.46</b>
4	2	P	2	2	2	1.20	0.20	0.10	2.33	4	4	4	12.10	136.85	0.80	0.75	32.12	168.97	56.32	<b>10.71</b>
4.5	2	P	2	2	2	1.20	0.20	0.10	2.43	4	4	4	8.35	94.45	0.80	0.75	32.87	127.32	42.44	<b>10.96</b>
5	2	L	2	2	2	1.40	0.40	0.20	2.63	4	4	4	5.61	63.46	1.95	1.84	34.71	98.17	32.72	<b>11.57</b>
5.5	2	L	2	2	2	1.40	0.40	0.20	2.83	4	4	4	3.70	41.84	1.88	1.77	36.48	78.33	26.11	<b>12.16</b>
6	2	L	2	2	2	1.40	0.40	0.20	3.03	4	4	4	3.37	38.11	1.81	1.71	38.19	76.30	25.43	<b>12.73</b>
6.5	2	L	2	2	2	1.40	0.40	0.20	3.23	3	3	3	3.03	34.28	1.31	1.23	39.42	73.71	24.57	<b>13.14</b>
7	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	3.43	2	2	2	2.69	30.37	0.84	0.80	40.22	70.59	23.53	<b>13.41</b>
7.5	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	3.63	2	2	2	2.35	26.55	0.82	0.77	40.99	67.53	22.51	<b>13.66</b>
8	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	3.83	2	2	2	2.02	22.88	0.79	0.75	41.73	64.61	21.54	<b>13.91</b>
8.5	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	4.03	2	2	2	1.71	19.36	0.77	0.72	42.46	61.82	20.61	<b>14.15</b>
9	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	4.23	1	2	1	1.54	17.40	0.74	0.70	43.16	60.55	20.18	<b>14.39</b>
9.5	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	4.43	1	2	1	1.69	19.08	0.72	0.68	43.84	62.92	20.97	<b>14.61</b>
10	1	L	1	1	1	1.40	0.40	0.20	4.63	1	2	1	2.02	22.89	0.70	0.66	44.50	67.38	22.46	<b>14.83</b>
10.5	2	L	2	2	2	1.40	0.40	0.20	4.83	3	4	3	2.73	30.86	1.37	1.29	45.78	76.64	25.55	<b>15.26</b>
11	3	L	3	3	3	1.40	0.40	0.20	5.03	4	6	4	4.67	52.85	1.99	1.88	47.66	100.51	33.50	<b>15.89</b>
11.5	5	P	5	5	5	1.30	0.30	0.15	5.18	7	10	7	6.36	71.92	1.30	1.23	48.89	120.81	40.27	<b>16.30</b>
12	20	P	18	12	12	1.50	0.50	0.25	5.43	15	24	15	8.64	97.69	3.03	2.85	51.75	149.43	49.81	<b>17.25</b>
12.5	11	L	11	11	11	1.70	0.70	0.35	5.78	13	22	13	10.98	124.22	6.65	6.26	58.01	182.23	60.74	<b>19.34</b>
13	15	L	15	15	15	1.70	0.70	0.35	6.13	17	30	17	13.04	147.53	8.70	8.20	66.20	213.74	71.25	<b>22.07</b>
13.5	16	L	16	16	16	1.70	0.70	0.35	6.48	18	32	18	15.13	171.15	8.91	8.40	74.61	245.76	81.92	<b>24.87</b>
14	16	L	16	16	16	1.70	0.70	0.35	6.83	17	32	17	16.91	191.30	8.58	8.09	82.69	273.99	91.33	<b>27.56</b>
14.5	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	7.18	19	36	19	17.30	195.65	9.30	8.77	91.46	287.11	95.70	<b>30.49</b>
15	19	L	19	19	19	1.70	0.70	0.35	7.53	19	38	19	17.93	202.74	9.49	8.95	100.41	303.14	101.05	<b>33.47</b>
15.5	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	7.88	18	36	18	17.95	202.96	8.92	8.40	108.81	311.77	103.92	<b>36.27</b>
16	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	8.23	18	36	18	17.88	202.24	8.84	8.33	117.14	319.38	106.46	<b>39.05</b>
16.5	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	8.58	18	36	18	17.89	202.36	8.76	8.26	125.40	327.77	109.26	<b>41.80</b>
17	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	8.93	17	36	17	17.68	199.92	8.69	8.19	133.59	333.51	111.17	<b>44.53</b>
17.5	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	9.28	17	36	17	17.25	195.11	8.62	8.12	141.71	336.82	112.27	<b>47.24</b>
18	18	L	18	18	18	1.70	0.70	0.35	9.63	17	36	17	16.97	191.95	8.55	8.05	149.77	341.72	113.91	<b>49.92</b>
18.5	17	L	17	17	17	1.70	0.70	0.35	9.98	16	34	16	16.56	187.33	8.00	7.54	157.31	344.65	114.88	<b>52.44</b>
19	17	L	17	17	17	1.70	0.70	0.35	10.33	16	34	16	16.69	188.71	7.94	7.48	164.80	353.51	117.84	<b>54.93</b>
19.5	16	L	16	16	16	1.70	0.70	0.35	10.68	15	32	15	17.45	197.41	7.41	6.99	171.78	369.19	123.06	<b>57.26</b>
20	20	L	20	20	20	1.70	0.70	0.35	11.03	18	40	18	17.96	203.10	9.19	8.66	180.44	383.54	127.85	<b>60.15</b>



20.5	25	L	25	25	25	1.80	0.80	0.40	11.43	23	50	23	18.20	205.83	11.38	10.73	191.17	397.00	132.33	<b>63.72</b>
21	23	L	23	23	23	1.80	0.80	0.40	11.83	21	46	21	18.45	208.64	10.38	9.78	200.95	409.59	136.53	<b>66.98</b>
21.5	21	L	21	21	21	1.80	0.80	0.40	12.23	19	42	19	18.57	210.02	9.39	8.85	209.80	419.82	139.94	<b>69.93</b>
22	20	L	20	20	20	1.70	0.70	0.35	12.58	18	40	18	18.82	212.89	8.87	8.36	218.17	431.06	143.69	<b>72.72</b>
22.5	19	L	19	19	19	1.70	0.70	0.35	12.93	17	38	17	18.43	208.39	8.37	7.88	226.05	434.44	144.81	<b>75.35</b>
23	19	L	19	19	19	1.70	0.70	0.35	13.28	17	38	17	17.75	200.74	8.30	7.82	233.87	434.62	144.87	<b>77.96</b>
23.5	18	L	18	18	18	1.80	0.80	0.40	13.68	16	36	16	17.82	201.53	7.80	7.35	241.22	442.75	147.58	<b>80.41</b>
24	21	L	21	21	21	1.80	0.80	0.40	14.08	18	42	18	18.74	211.94	9.02	8.50	249.72	461.66	153.89	<b>83.24</b>
24.5	25	L	25	25	25	2.00	1.00	0.50	14.58	21	50	21	20.01	226.28	10.62	10.01	259.73	486.01	162.00	<b>86.58</b>
25	30	L	30	30	30	2.00	1.00	0.50	15.08	25	60	25	21.50	243.15	12.61	11.89	271.62	514.77	171.59	<b>90.54</b>
25.5	32	L	32	32	32	2.00	1.00	0.50	15.58	27	64	27	23.09	261.10	13.31	12.55	284.16	545.27	181.76	<b>94.72</b>
26	33	L	33	33	33	2.00	1.00	0.50	16.08	27	66	27	24.89	281.54	13.59	12.81	296.97	578.51	192.84	<b>98.99</b>
26.5	34	L	34	34	34	2.00	1.00	0.50	16.58	28	68	28	26.31	297.57	13.86	13.06	310.03	607.60	202.53	<b>103.34</b>
27	35	L	35	35	35	2.00	1.00	0.50	17.08	28	70	28	27.34	309.25	14.12	13.31	323.34	632.59	210.86	<b>107.78</b>
27.5	35	L	35	35	35	2.00	1.00	0.50	17.58	28	70	28	27.77	314.05	13.98	13.17	336.51	650.56	216.85	<b>112.17</b>
28	36	L	36	36	36	2.00	1.00	0.50	18.08	28	72	28	28.06	317.40	14.24	13.42	349.93	667.33	222.44	<b>116.64</b>
28.5	36	L	36	36	36	2.00	1.00	0.50	18.58	28	72	28	28.35	320.65	14.10	13.29	363.22	683.87	227.96	<b>121.07</b>
29	37	L	37	37	37	2.00	1.00	0.50	19.08	29	74	29	28.52	322.59	14.35	13.52	376.74	699.32	233.11	<b>125.58</b>
29.5	38	L	38	38	38	2.00	1.00	0.50	19.58	29	76	29	28.47	322.01	14.59	13.75	390.49	712.51	237.50	<b>130.16</b>
30	38	L	38	38	38	2.00	1.00	0.50	20.08	29	76	29	28.42	321.47	14.46	13.62	404.12	725.59	241.86	<b>134.71</b>
30.5	37	L	37	37	37	2.00	1.00	0.50	20.58	28	74	28	28.16	318.50	13.94	13.14	417.26	735.75	245.25	<b>139.09</b>
31	37	L	37	37	37	2.00	1.00	0.50	21.08	28	74	28	26.58	300.65	13.81	13.02	430.28	730.93	243.64	<b>143.43</b>
31.5	36	L	36	36	36	2.00	1.00	0.50	21.58	27	72	27	24.97	282.45	13.31	12.55	442.82	725.28	241.76	<b>147.61</b>
32	39	P	27	23	23	2.00	1.00	0.50	22.08	17	47	17	23.33	263.90	3.43	3.23	446.06	709.96	236.65	<b>148.69</b>
32.5	40	P	28	24	24	2.00	1.00	0.50	22.58	17	48	17	21.77	246.23	3.49	3.29	449.34	695.58	231.86	<b>149.78</b>
33	41	P	28	25	25	2.00	1.00	0.50	23.08	18	49	18	20.76	234.76	3.54	3.34	452.68	687.44	229.15	<b>150.89</b>
33.5	42	P	29	25	25	2.00	1.00	0.50	23.58	18	50	18	21.72	245.62	3.60	3.39	456.07	701.68	233.89	<b>152.02</b>
34	49	P	32	29	29	2.00	1.00	0.50	24.08	21	59	21	22.88	258.71	4.16	3.92	459.99	718.70	239.57	<b>153.33</b>
34.5	49	L	49	49	49	2.00	1.00	0.50	24.58	34	98	34	24.85	281.08	17.17	16.18	476.17	757.25	252.42	<b>158.72</b>
35	50	L	50	50	50	2.00	1.00	0.50	25.08	35	100	35	26.46	299.26	17.37	16.37	492.54	791.80	263.93	<b>164.18</b>
35.5	45	L	45	45	45	2.00	1.00	0.50	25.58	31	90	31	27.80	314.41	15.50	14.61	507.14	821.56	273.85	<b>169.05</b>
36	42	L	42	42	42	2.00	1.00	0.50	26.08	29	84	29	29.07	328.76	14.34	13.52	520.66	849.42	283.14	<b>173.55</b>
36.5	40	L	40	40	40	2.00	1.00	0.50	26.58	27	80	27	30.76	347.89	13.54	12.76	533.42	881.31	293.77	<b>177.81</b>
37	40	L	40	40	40	2.00	1.00	0.50	27.08	27	80	27	30.38	343.62	13.43	12.66	546.08	889.70	296.57	<b>182.03</b>
37.5	49	L	49	49	49	2.00	1.00	0.50	27.58	33	98	33	29.82	337.22	16.31	15.37	561.45	898.68	299.56	<b>187.15</b>
38	48	L	48	48	48	2.00	1.00	0.50	28.08	32	96	32	29.57	334.38	15.85	14.94	576.39	910.77	303.59	<b>192.13</b>
38.5	47	L	47	47	47	2.00	1.00	0.50	28.58	31	94	31	29.52	333.85	15.39	14.51	590.90	924.74	308.25	<b>196.97</b>
39	45	L	45	45	45	2.00	1.00	0.50	29.08	29	90	29	28.94	327.27	14.62	13.78	604.67	931.94	310.65	<b>201.56</b>
39.5	44	L	44	44	44	2.00	1.00	0.50	29.58	28	88	28	28.36	320.76	14.18	13.36	618.03	938.80	312.93	<b>206.01</b>
40	36	L	36	36	36	2.00	1.00	0.50	30.08	23	72	23	26.76	302.70	11.51	10.84	628.88	931.57	310.52	<b>209.63</b>

40.5	36	L	36	36	36	2.00	1.00	0.50	30.58	23	72	23	25.19	284.85	11.41	10.76	639.64	924.49	308.16	<b>213.21</b>
41	34	L	34	34	34	1.69	0.69	0.35	30.92	21	68	21	23.72	268.22	10.72	10.11	649.74	917.96	305.99	<b>216.58</b>
41.5	33	L	33	33	33	2.00	1.00	0.50	31.42	21	66	21	22.62	255.84	10.33	9.73	659.47	915.31	305.10	<b>219.82</b>
42	33	L	33	33	33	2.00	1.00	0.50	31.92	20	66	20	21.72	245.68	10.25	9.66	669.13	914.81	304.94	<b>223.04</b>
42.5	35	L	35	35	35	2.00	1.00	0.50	32.42	22	70	22	21.65	244.86	10.78	10.16	679.29	924.15	308.05	<b>226.43</b>
43	36	L	36	36	36	1.68	0.68	0.34	32.76	22	72	22	21.06	238.21	11.03	10.40	689.69	927.90	309.30	<b>229.90</b>
43.5	37	L	37	37	37	2.00	1.00	0.50	33.26	23	74	23	20.57	232.60	11.25	10.61	700.29	932.90	310.97	<b>233.43</b>
44	31	L	31	31	31	2.00	1.00	0.50	33.76	19	62	19	20.00	226.22	9.36	8.82	709.11	935.33	311.78	<b>236.37</b>
44.5	30	L	30	30	30	2.00	1.00	0.50	34.26	18	60	18	19.36	218.93	8.99	8.47	717.58	936.52	312.17	<b>239.19</b>
45	28	L	28	28	28	1.63	0.63	0.32	34.58	17	56	17	18.46	208.77	8.35	7.87	725.45	934.23	311.41	<b>241.82</b>
45.5	27	L	27	27	27	2.00	1.00	0.50	35.08	16	54	16	17.47	197.63	7.99	7.53	732.98	930.61	310.20	<b>244.33</b>
46	26	L	26	26	26	2.00	1.00	0.50	35.58	15	52	15	16.33	184.71	7.64	7.20	740.18	924.89	308.30	<b>246.73</b>
46.5	26	L	26	26	26	2.00	1.00	0.50	36.08	15	52	15	15.63	176.82	7.58	7.15	747.33	924.15	308.05	<b>249.11</b>
47	25	L	25	25	25	1.68	0.68	0.34	36.42	15	50	15	15.27	172.73	7.26	6.84	754.17	926.90	308.97	<b>251.39</b>
47.5	24	L	24	24	24	2.00	1.00	0.50	36.92	14	48	14	15.32	173.29	6.91	6.52	760.68	933.97	311.32	<b>253.56</b>
48	27	L	27	27	27	2.00	1.00	0.50	37.42	15	54	15	15.54	175.78	7.72	7.28	767.96	943.74	314.58	<b>255.99</b>
48.5	30	L	30	30	30	2.00	1.00	0.50	37.92	17	60	17	16.09	181.92	8.52	8.03	775.99	957.92	319.31	<b>258.66</b>
49	31	L	31	31	31	1.71	0.71	0.36	38.27	18	62	18	17.02	192.54	8.76	8.26	784.25	976.79	325.60	<b>261.42</b>
49.5	34	L	34	34	34	2.00	1.00	0.50	38.77	19	68	19	18.27	206.65	9.54	8.99	793.24	999.90	333.30	<b>264.41</b>
50	39	L	39	39	39	2.00	1.00	0.50	39.27	22	78	22	19.44	219.83	10.87	10.24	803.49	1023.32	341.11	<b>267.83</b>
50.5	42	L	42	42	42	2.00	1.00	0.50	39.77	23	84	23	21.13	238.98	11.62	10.95	814.44	1053.42	351.14	<b>271.48</b>
51	40	L	40	40	40	2.00	1.00	0.50	40.27	22	80	22	21.95	248.24	10.99	10.36	824.80	1073.04	357.68	<b>274.93</b>
51.5	50	L	50	50	50	2.00	1.00	0.50	40.77	27	100	27	21.75	246.03	13.65	12.86	837.67	1083.70	361.23	<b>279.22</b>
52	42	L	42	42	42	2.00	1.00	0.50	41.27	23	84	23	22.09	249.78	11.39	10.73	848.40	1098.17	366.06	<b>282.80</b>
52.5	30	L	30	30	30	2.00	1.00	0.50	41.77	16	60	16	21.86	247.28	8.08	7.61	856.01	1103.30	367.77	<b>285.34</b>
53	40	L	40	40	40	2.00	1.00	0.50	42.27	21	80	21	21.56	243.84	10.70	10.08	866.10	1109.94	369.98	<b>288.70</b>
53.5	38	L	38	38	38	2.00	1.00	0.50	42.77	20	76	20	21.49	243.06	10.10	9.52	875.61	1118.67	372.89	<b>291.87</b>
54	40	L	40	40	40	2.00	1.00	0.50	43.27	21	80	21	20.72	234.32	10.56	9.95	885.56	1119.88	373.29	<b>295.19</b>
54.5	41	L	41	41	41	2.00	1.00	0.50	43.77	22	82	22	20.64	233.49	10.75	10.13	895.70	1129.18	376.39	<b>298.57</b>
55	42	L	42	42	42	2.00	1.00	0.50	44.27	22	84	22	21.50	243.11	10.94	10.31	906.01	1149.12	383.04	<b>302.00</b>
55.5	43	L	43	43	43	2.00	1.00	0.50	44.77	22	86	22	21.65	244.87	11.13	10.49	916.50	1161.37	387.12	<b>305.50</b>
56	43	L	43	43	43	2.00	1.00	0.50	45.27	22	86	22	21.96	248.40	11.06	10.42	926.92	1175.32	391.77	<b>308.97</b>
56.5	44	L	44	44	44	2.00	1.00	0.50	45.77	22	88	22	22.19	251.02	11.24	10.60	937.52	1188.54	396.18	<b>312.51</b>
57	44	L	44	44	44	1.77	0.77	0.39	46.16	22	88	22	22.35	252.79	11.19	10.54	948.06	1200.85	400.28	<b>316.02</b>
57.5	45	L	45	45	45	2.00	1.00	0.50	46.66	23	90	23	22.43	253.71	11.37	10.72	958.78	1212.49	404.16	<b>319.59</b>
58	45	L	45	45	45	2.00	1.00	0.50	47.16	23	90	23	22.37	253.01	11.30	10.65	969.43	1222.43	407.48	<b>323.14</b>
58.5	45	L	45	45	45	2.00	1.00	0.50	47.66	22	90	22	22.41	253.48	11.23	10.58	980.01	1233.49	411.16	<b>326.67</b>
59	44	L	44	44	44	2.00	1.00	0.50	48.16	22	88	22	22.40	253.32	10.91	10.28	990.29	1243.61	414.54	<b>330.10</b>



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

DENAH  
PEMBALOKAN

#### SKALA GAMBAR

1: 300

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

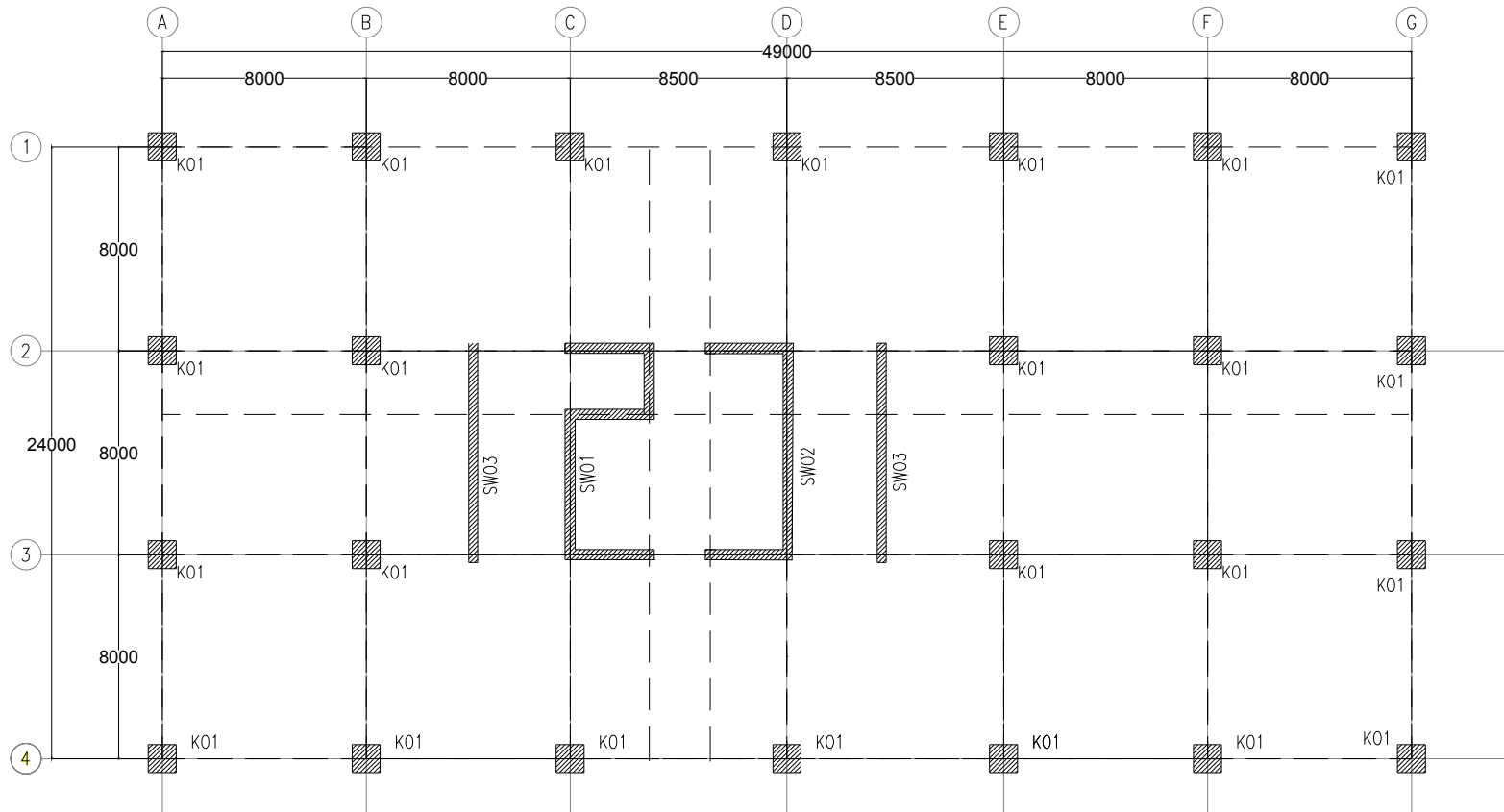
Dr. Ir. Djoko Irawan,  
MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.

#### MAHASISWA

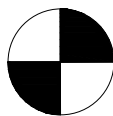
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



KODE WALL	TEBAL
SW1	350
SW2	350
SW3	350

KODE Kolom	Ukuran
K01	1100 X 1100
K02	900 X 900
K03	700 X 700



## DENAH KOLOM LT. BASEMENT - 2

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB**

#### NAMA GAMBAR

**DENAH  
PEMBALOKAN**

#### SKALA GAMBAR

**1: 300**

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

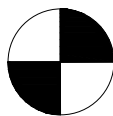
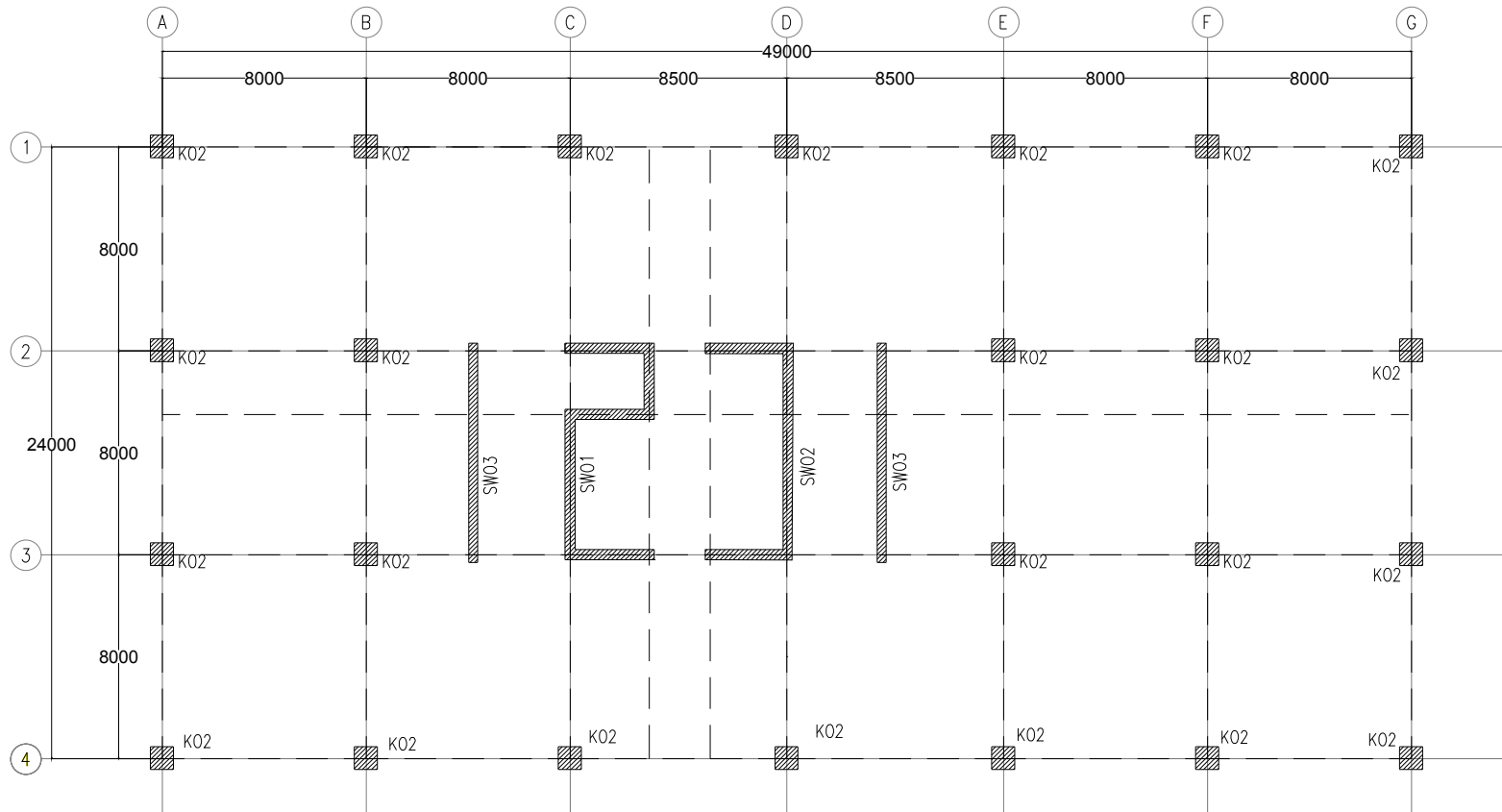
**Dr. Ir. Djoko Irawan,  
MS.**

**Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.**

#### MAHASISWA

**Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062**

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



### DENAH KOLOM LT. 3 - 7

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB**

#### NAMA GAMBAR

#### DENAH PEMBALOKAN

#### SKALA GAMBAR

1: 300

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

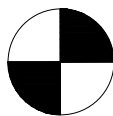
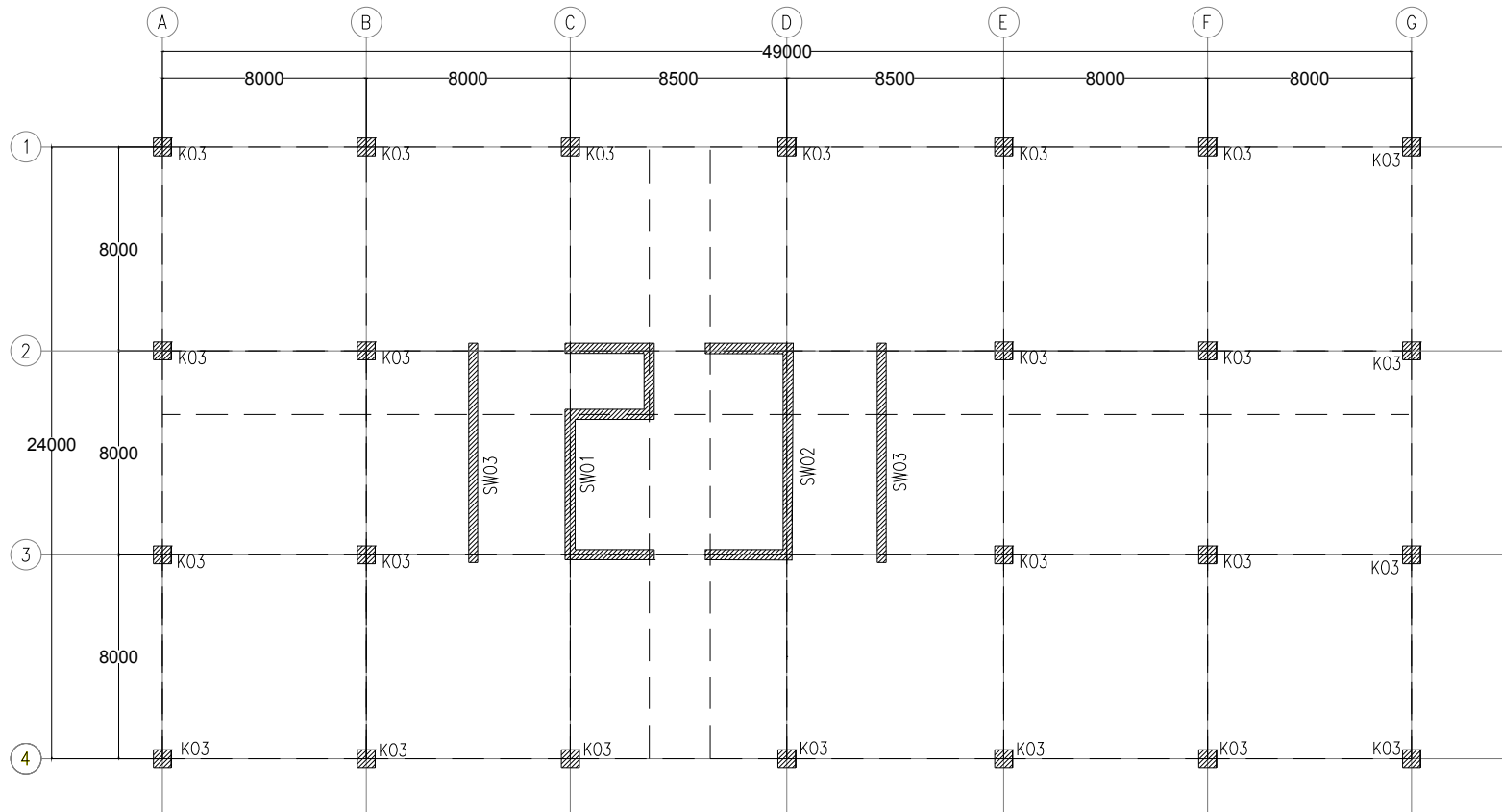
**Dr. Ir. Djoko Irawan,  
MS.**

**Prof. Tawio, S.T., M.T.,  
Ph.D.**

#### MAHASISWA

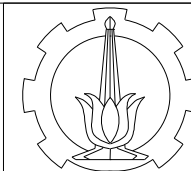
**Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062**

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



## Denah KOLOM LT. 8 - LT. 25 (ATAP)

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMAHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK INDUK BI1 &  
BI2

SKALA GAMBAR

1 : 30

REVISI

DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavoio, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

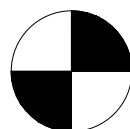
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR NO  
GAMBAR GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

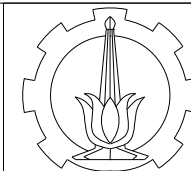
Tabel Penulangan Balok Induk

Type	BI1		BI2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	500 x 700 mm		500 x 750 mm	
Bentang	8 meter		8.5 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	5 D25	3 D25	6 D25	4 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	4 D25	4 D25	5 D25	5 D25
Sengkang	2 D10 - 100	2 D10 - 125	2 D10 - 100	2 D10 - 125



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK BI1 & BI2

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMAH  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK INDUK BI3 & BI4

SKALA GAMBAR

1 : 30

REVISI

DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

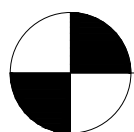
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR NO  
GAMBAR GAMBAR

--	--	--

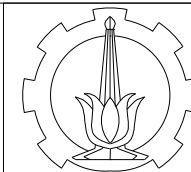
Tabel Penulangan Balok Induk

Type	BI3		BI4	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	350x 700 mm		400 x 700 mm	
Bentang	2.2 meter		5.5 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	5 D25	3 D25	3 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	5 D25	3 D25	3 D25	2 D25
Sengkang	2 D10 - 80	2 D10 - 150	2 D10 - 80	2 D10 - 150



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK BI3 & BI4

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

1 :

REVISI

DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavier, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

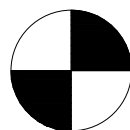
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR NO  
GAMBAR GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

Tabel Penulangan Balok Induk

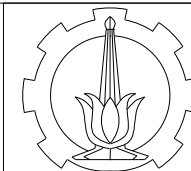
Type	BI5		BI6	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	350x 700 mm		350x 700 mm	
Bentang	3 meter		4.5 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	4 D25	2 D25	3 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	3 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Sengkang	2 D10 - 80	2 D10 - 150	2 D10 - 80	2 D10 - 150



DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK BI5 & BI6

SKALA 1 : 30





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMAHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK ANAK BA1 &  
BA2

SKALA GAMBAR

1 : 30

REVISI

DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

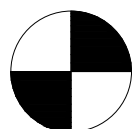
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR NO  
GAMBAR GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

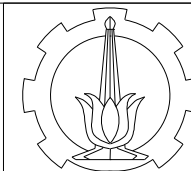
Tabel Penulangan Balok Anak

Type	BA1		BA2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	400 x 550 mm		400 x 600 mm	
Bentang	8 meter		8.5 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Tengah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Bawah	2 D22	5 D22	2 D22	5 D22
Sengkang	2 D10 - 80	2 D10 - 160	2 D10 - 80	2 D10 - 160



DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK BA1 & BA2

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK ANAK BA3 &  
BA 4

SKALA GAMBAR

1 : 30

REVISI

DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

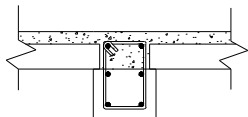
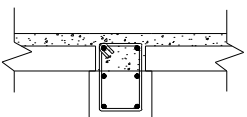
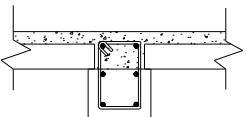
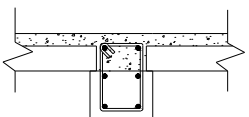
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

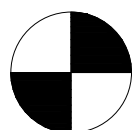
MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

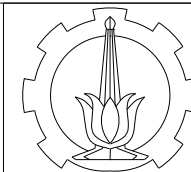
Tabel Penulangan Balok Anak

Type	BA3		BA4	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	250 x 350 mm		250 x 350 mm	
Bentang	3.5 meter		2 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Tengah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Bawah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Sengkang	2 D10 - 50	2 D10 - 100	2 D10 - 50	2 D10 - 100



DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK BA3 & BA4

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMAH  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK ANAK BA3 &  
BA 4

SKALA GAMBAR

1 : 30

REVISI

DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

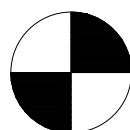
MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------

Tabel Penulangan Balok Anak

Type	BA5		BA6	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	250 x 350 mm		250 x 350 mm	
Bentang	4 meter		1.8 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Tengah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Bawah	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
Senggang	2 D10 - 50	2 D10 - 100	2 D10 - 50	2 D10 - 100



DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK BA5 & BA6

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

## DENAH PEMBALOKAN

## SKALA GAMBAR

1: 300

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

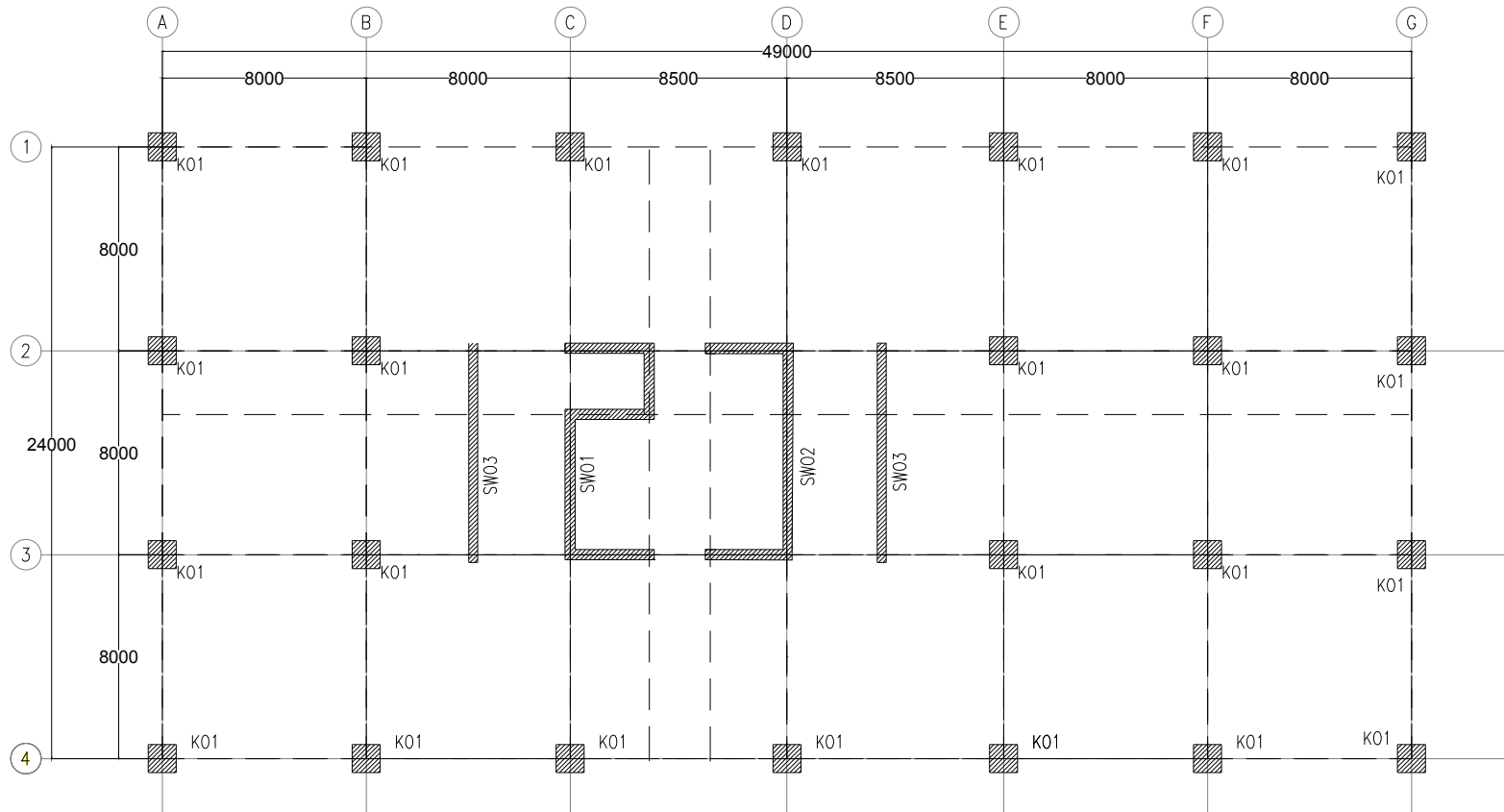
Dr. Ir. Djoko Irawan,  
MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.

## MAHASISWA

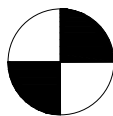
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



KODE WALL	TEBAL
SW1	350
SW2	350
SW3	350

KODE Kolom	Ukuran
K01	1100 X 1100
K02	900 X 900
K03	700 X 700



## DENAH KOLOM LT. BASEMENT - 2

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB**

#### NAMA GAMBAR

**DENAH  
PEMBALOKAN**

#### SKALA GAMBAR

**1: 300**

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

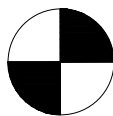
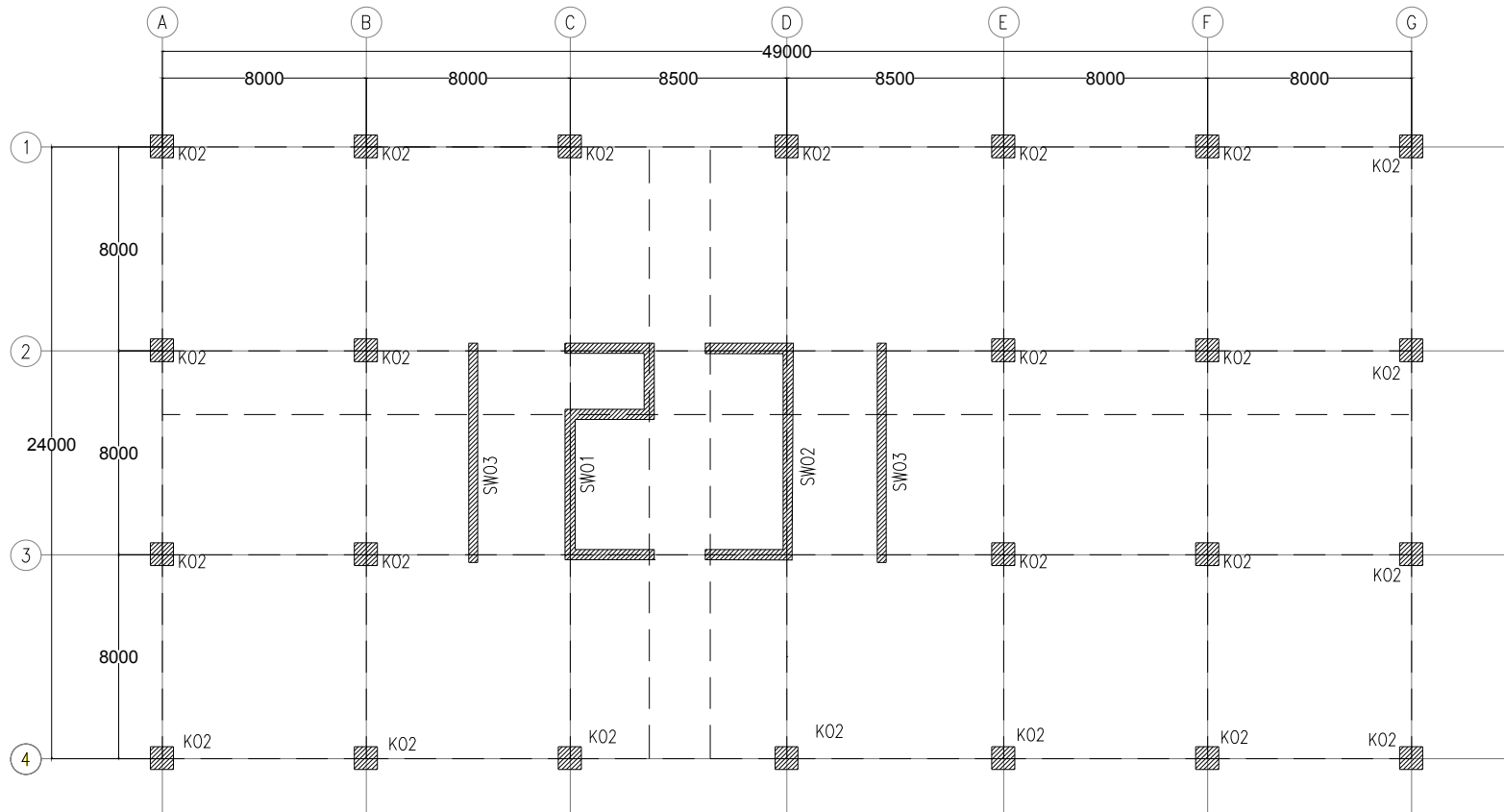
**Dr. Ir. Djoko Irawan,  
MS.**

**Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.**

#### MAHASISWA

**Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062**

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



### DENAH KOLOM LT. 3 - 7

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB**

#### NAMA GAMBAR

#### DENAH PEMBALOKAN

#### SKALA GAMBAR

1: 300

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

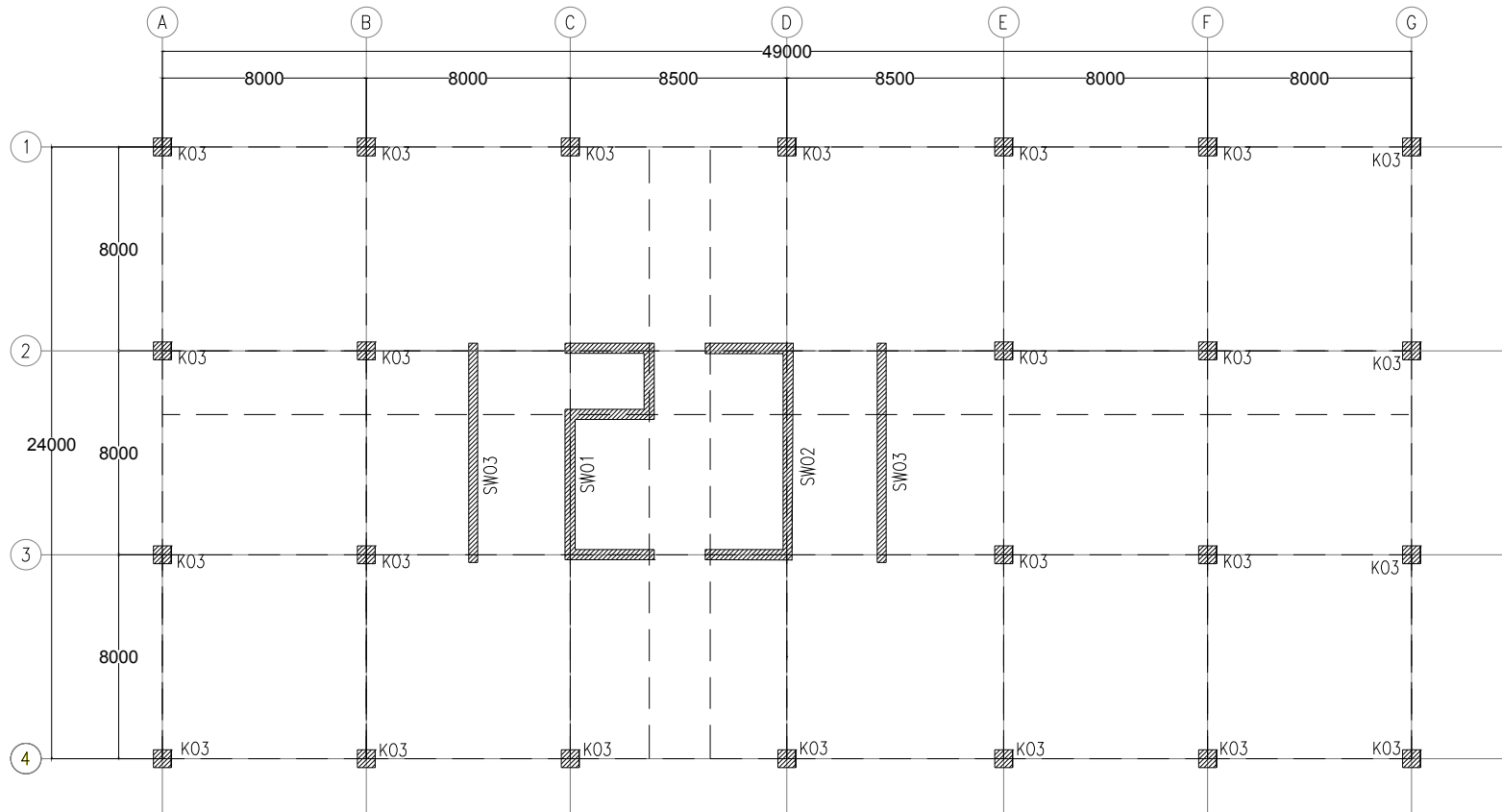
**Dr. Ir. Djoko Irawan,  
MS.**

**Prof. Tawio, S.T., M.T.,  
Ph.D.**

#### MAHASISWA

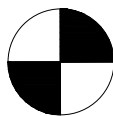
**Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062**

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



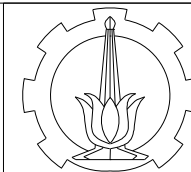
KODE BALOK	TEBAL
SW1	350
SW2	350
SW3	350

KODE Kolom	Ukuran
K01	1100 x 1100
K02	900 x 900
K03	700 x 700



## Denah KOLOM LT. 8 - LT. 25 (ATAP)

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
KOLOM K1

#### SKALA GAMBAR

1 : 25

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

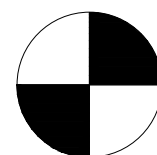
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

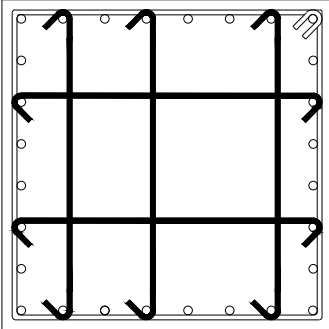
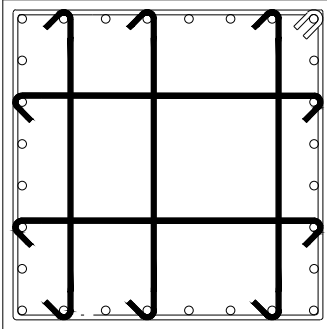
KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------

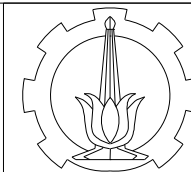


## DETAIL PENULANGAN KOLOM K1

SKALA 1 : 25

Tabel Penulangan Kolom

Type	K1	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	1100 x 1100 mm	
Tulangan	28 D28	28 D28
Sengkang	5 D16 - 100	5 D16 - 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
KOLOM K2

#### SKALA GAMBAR

1 : 25

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

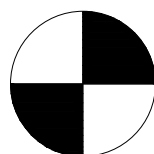
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------

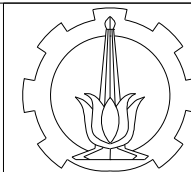
Tabel Penulangan Kolom		
Type	K2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	900 x 900 mm	
Tulangan	24 D28	24 D28
Sengkang	4 D16 - 100	4 D16 - 150



## DETAIL PENULANGAN KOLOM K2

SKALA 1 : 25





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
KOLOM K3

#### SKALA GAMBAR

1 : 25

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

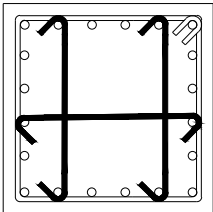
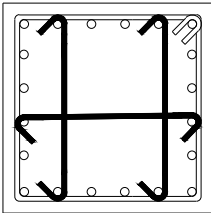
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

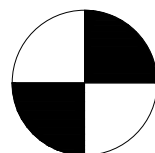
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------

Tabel Penulangan Kolom		
Type	K3	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	700 x 700 mm	
Tulangan	20 D28	20 D28
Sengkang	3 D16 - 100	3 D16 - 150



## DETAIL PENULANGAN KOLOM K3

SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMAHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN METODE  
PRACETAK DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PELAT TIPE 1

**SKALA GAMBAR**

1 : 75

**REVISI**

**DOSEN KONSULTASI**

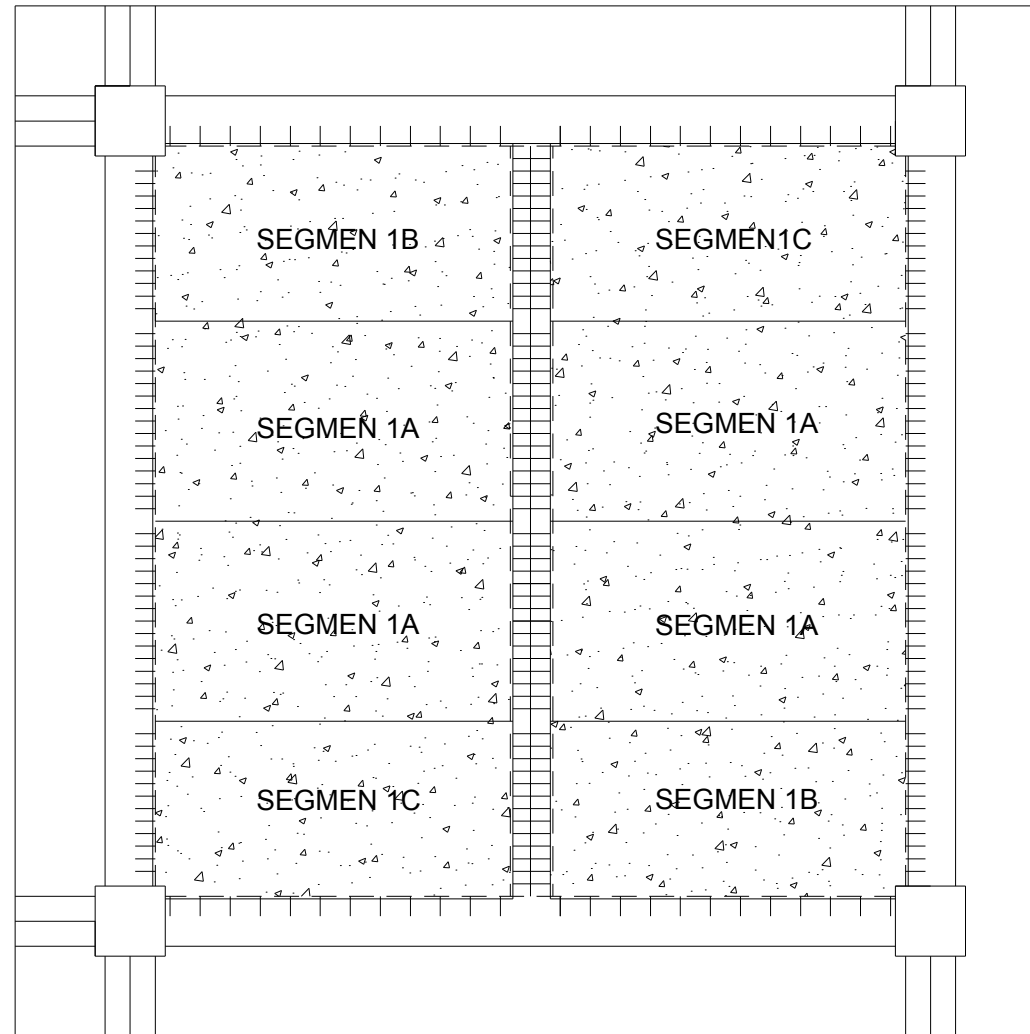
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



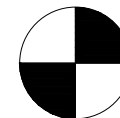
4000 4000

2000

2000

2000

2000



DETAIL PELAT TIPE 1  
SKALA 1 : 75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN METODE  
PRACETAK DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

## SKALA GAMBAR

1 : 100

## REVISI

DETAIL PENULANGAN  
PELAT TIPE 1

## DOSEN KONSULTASI

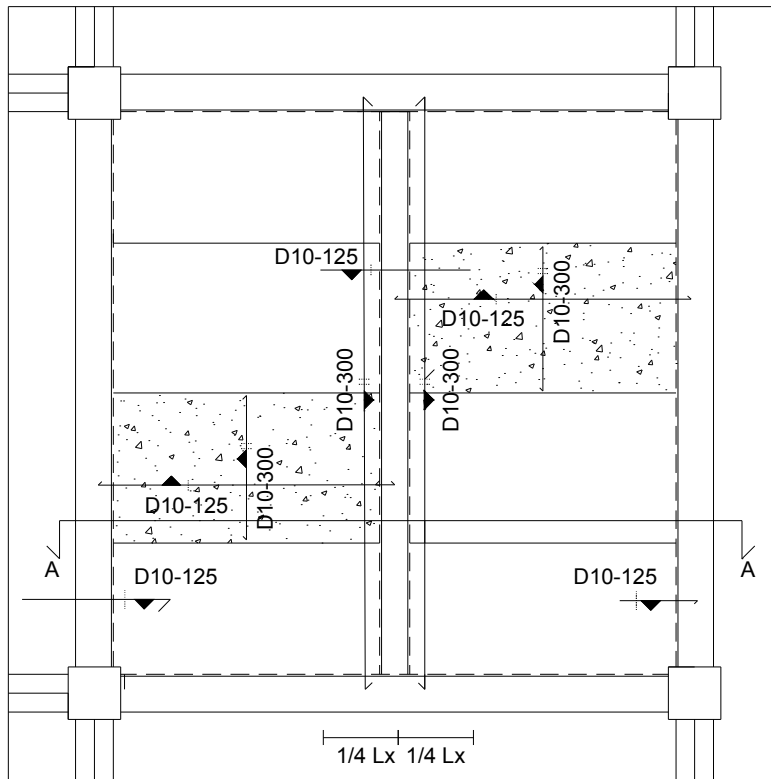
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

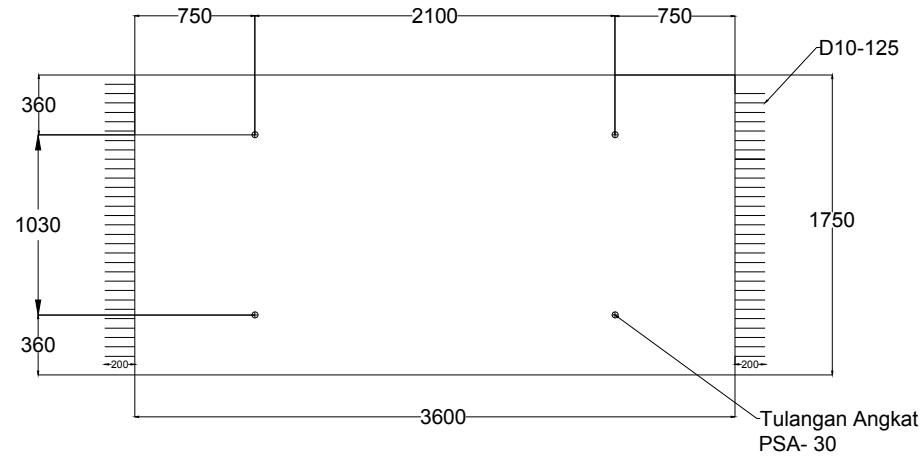
## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

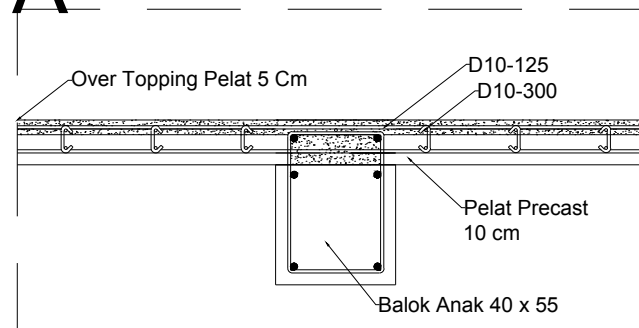


DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE 1  
SKALA 1 : 100

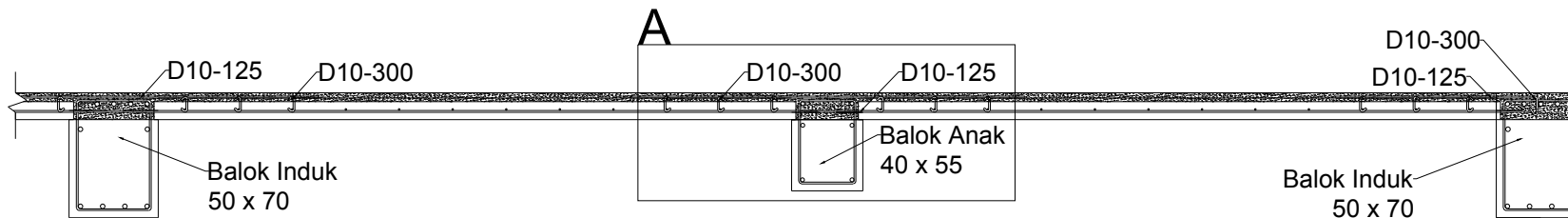


DETAIL PENGANGKATAN PELAT 1A  
SKALA 1 : 50

A



DETAIL A  
SKALA 1 : 25



POTONGAN A - A  
SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMAH  
DEPARTEMEN TEKNIK  
SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

Denah Pemasangan Pelat

## SKALA GAMBAR

1 : 300

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

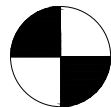
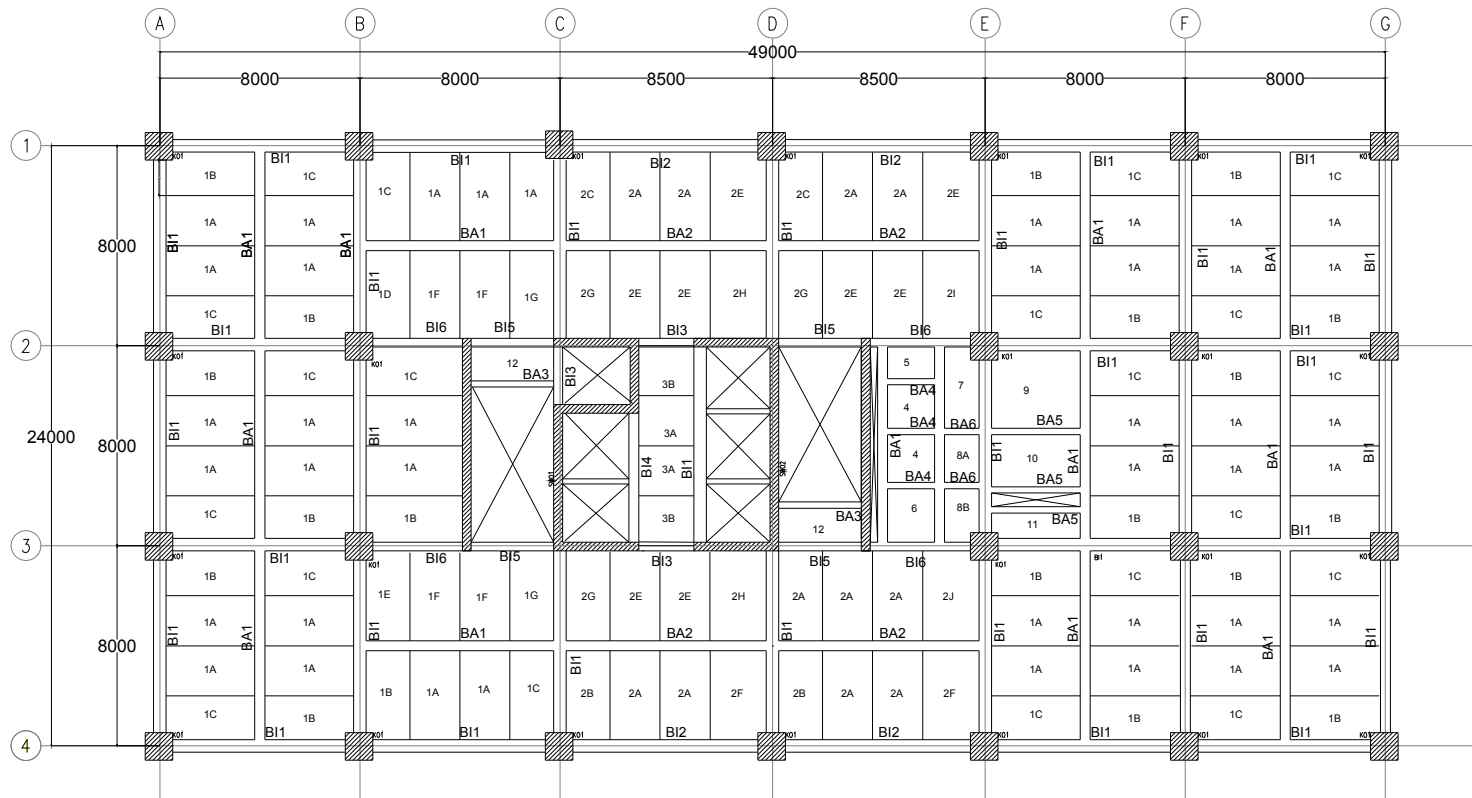
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T.,  
Ph.D.

## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



## Denah Pemasangan Pelat

SKALA 1: 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN METODE  
PRACETAK DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

Segmen Pelat 1

## SKALA GAMBAR

1 : 100

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

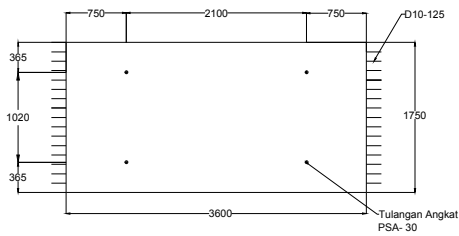
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

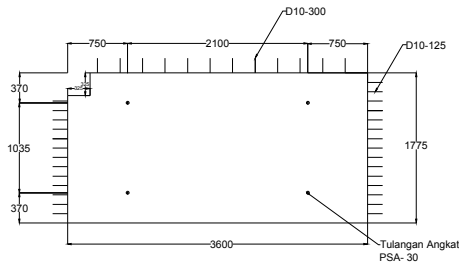
## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

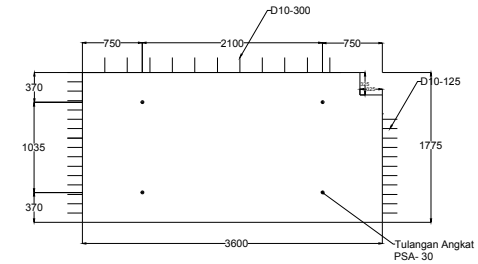
KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



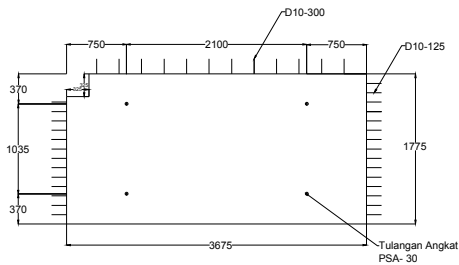
 **Segmen Pelat Tipe 1A**  
SKALA 1 : 100



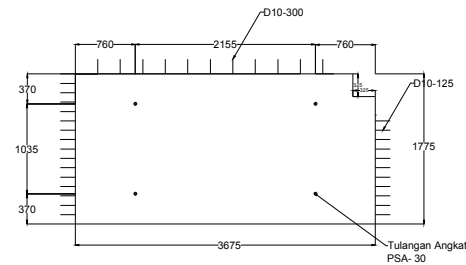
 **Segmen Pelat Tipe 1B**  
SKALA 1 : 100



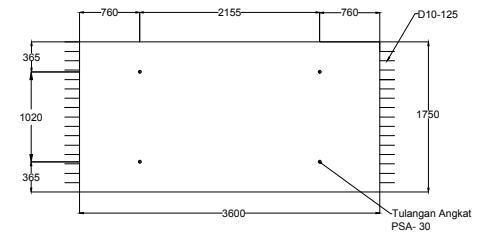
 **Segmen Pelat Tipe 1C**  
SKALA 1 : 100



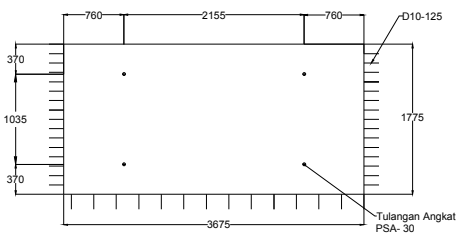
 **Segmen Pelat Tipe 1D**  
SKALA 1 : 100



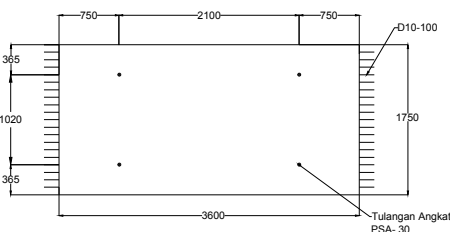
 **Segmen Pelat Tipe 1E**  
SKALA 1 : 100



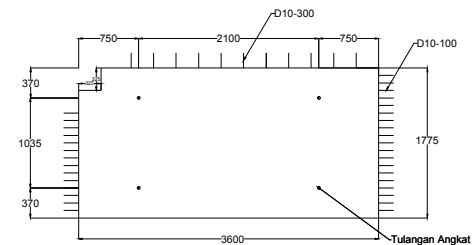
 **Segmen Pelat Tipe 1F**  
SKALA 1 : 100



 **Segmen Pelat Tipe 1G**  
SKALA 1 : 100



 **Segmen Pelat Tipe 2A**  
SKALA 1 : 100



 **Segmen Pelat Tipe 2B**  
SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN METODE  
PRACETAK DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

Segmen Pelat 3

## SKALA GAMBAR

1 : 100

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

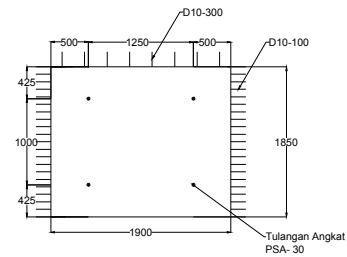
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

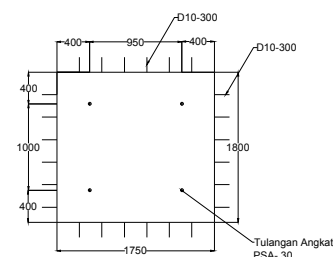
## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

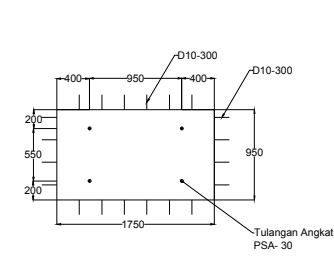
KODE GAMBAR NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------------------	------------------



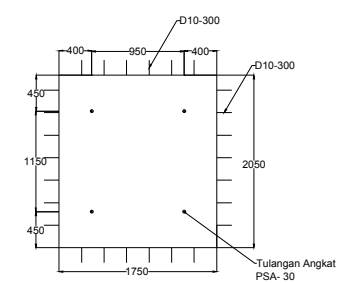
Segmen Pelat Type 3B  
SKALA 1 : 100



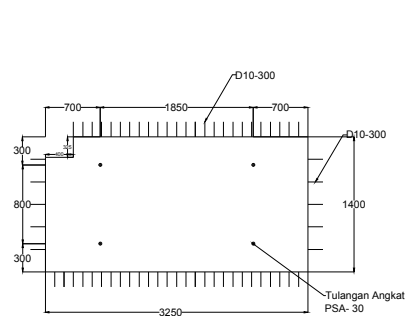
Segmen Pelat Type 4  
SKALA 1 : 100



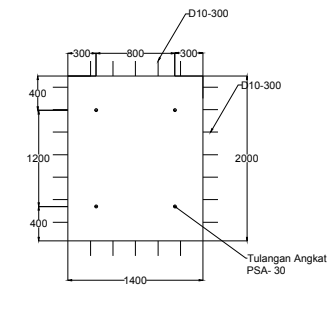
Segmen Pelat Type 5  
SKALA 1 : 100



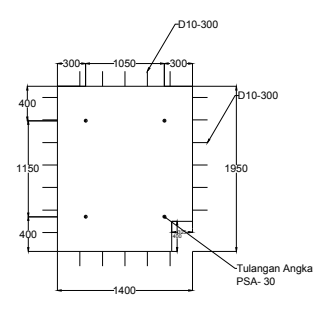
Segmen Pelat Type 6  
SKALA 1 : 100



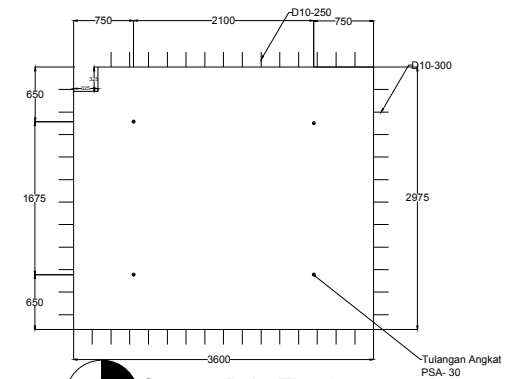
Segmen Pelat Type 7  
SKALA 1 : 100



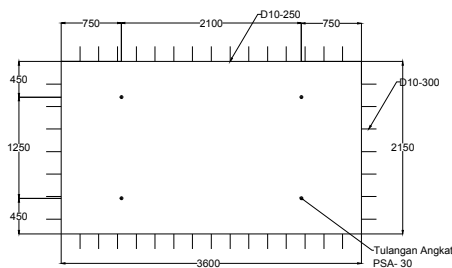
Segmen Pelat Type 8A  
SKALA 1 : 100



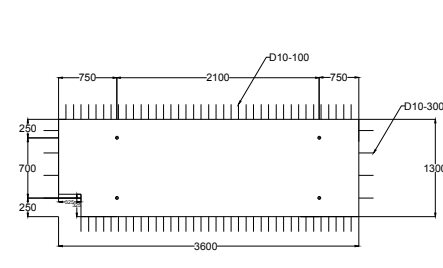
Segmen Pelat Type 8B  
SKALA 1 : 100



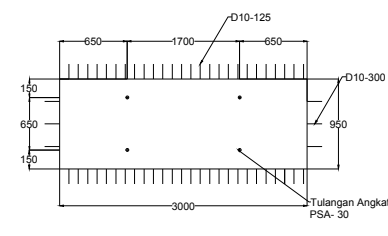
Segmen Pelat Type 9  
SKALA 1 : 100



Segmen Pelat Type 10  
SKALA 1 : 100



Segmen Pelat Type 11  
SKALA 1 : 100



Segmen Pelat Type 12  
SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN METODE  
PRACETAK DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

Segmen Pelat 2

## SKALA GAMBAR

1 : 100

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

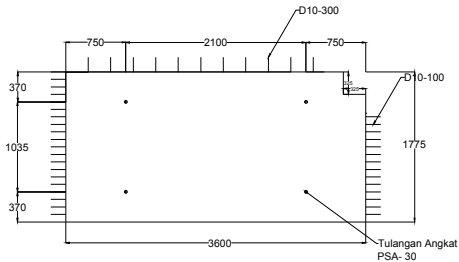
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

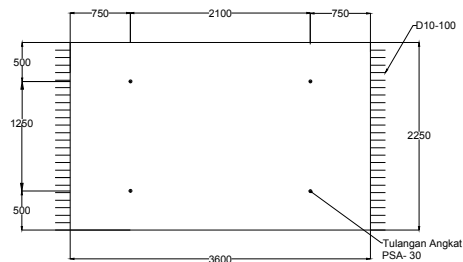
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



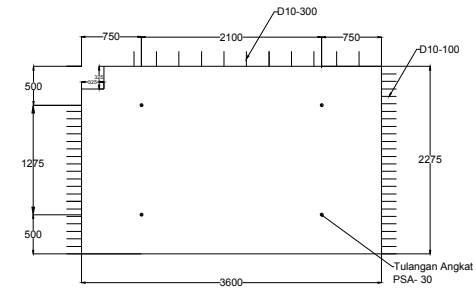
Segmen Pelat Tipe 2C

SKALA 1 : 100



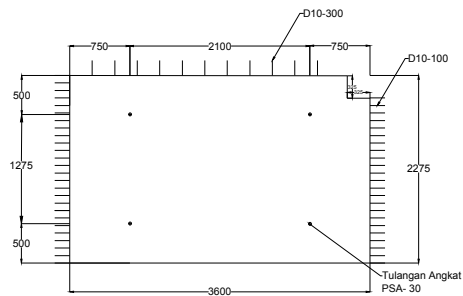
Segmen Pelat Tipe 2D

SKALA 1 : 100



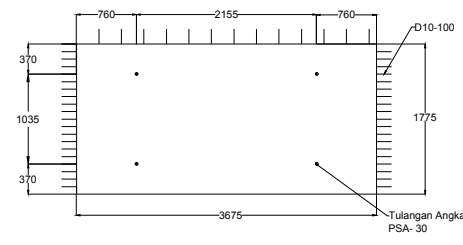
Segmen Pelat Tipe 2E

SKALA 1 : 100



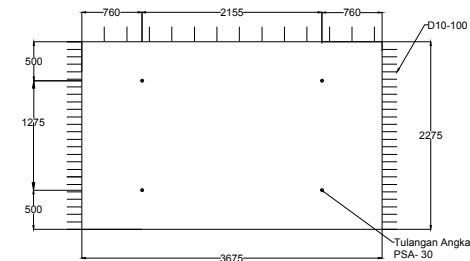
Segmen Pelat Tipe 2F

SKALA 1 : 100



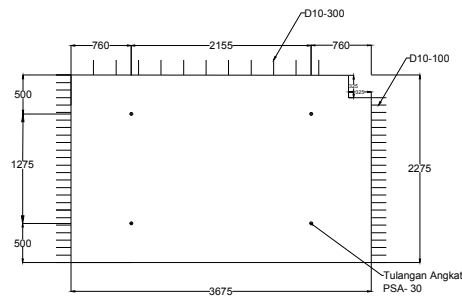
Segmen Pelat Tipe 2G

SKALA 1 : 100



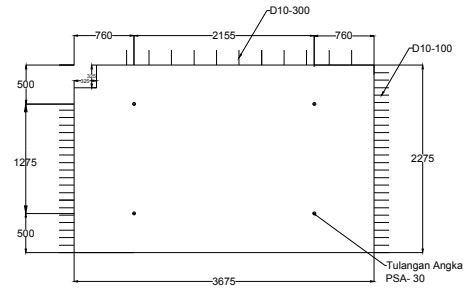
Segmen Pelat Tipe 2H

SKALA 1 : 100



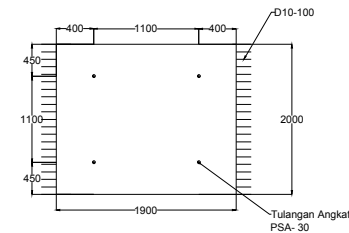
Segmen Pelat Tipe 2I

SKALA 1 : 100



Segmen Pelat Tipe 2J

SKALA 1 : 100



Segmen Pelat Tipe 3A

SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

DENAH TANGGA  
&  
POTONGAN A-A

## SKALA GAMBAR

1 : 80

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

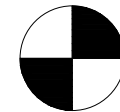
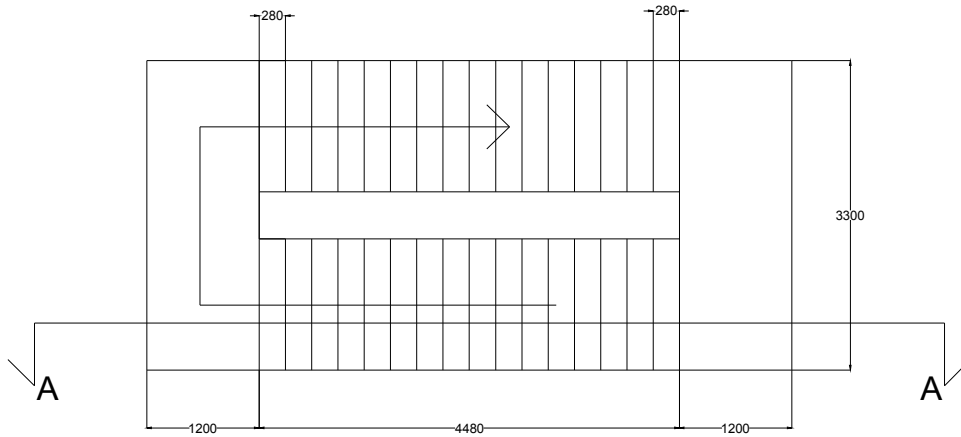
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



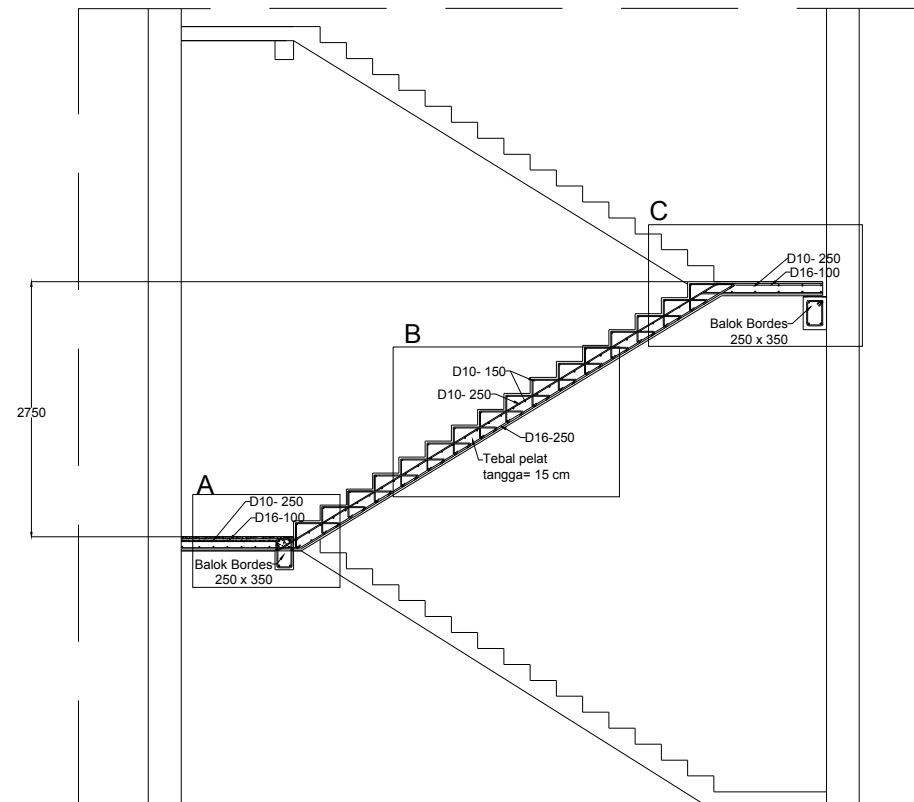
## DENAH TANGGA

SKALA 1 : 80



## POTONGAN A - A

SKALA 1 : 80







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN METODE  
PRACETAK DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

PENULANGAN TANGGA  
&  
DETAIL A,B,C

## SKALA GAMBAR

1 : 40

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

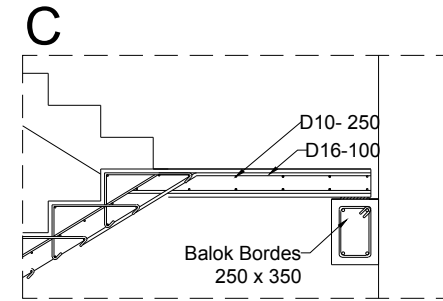
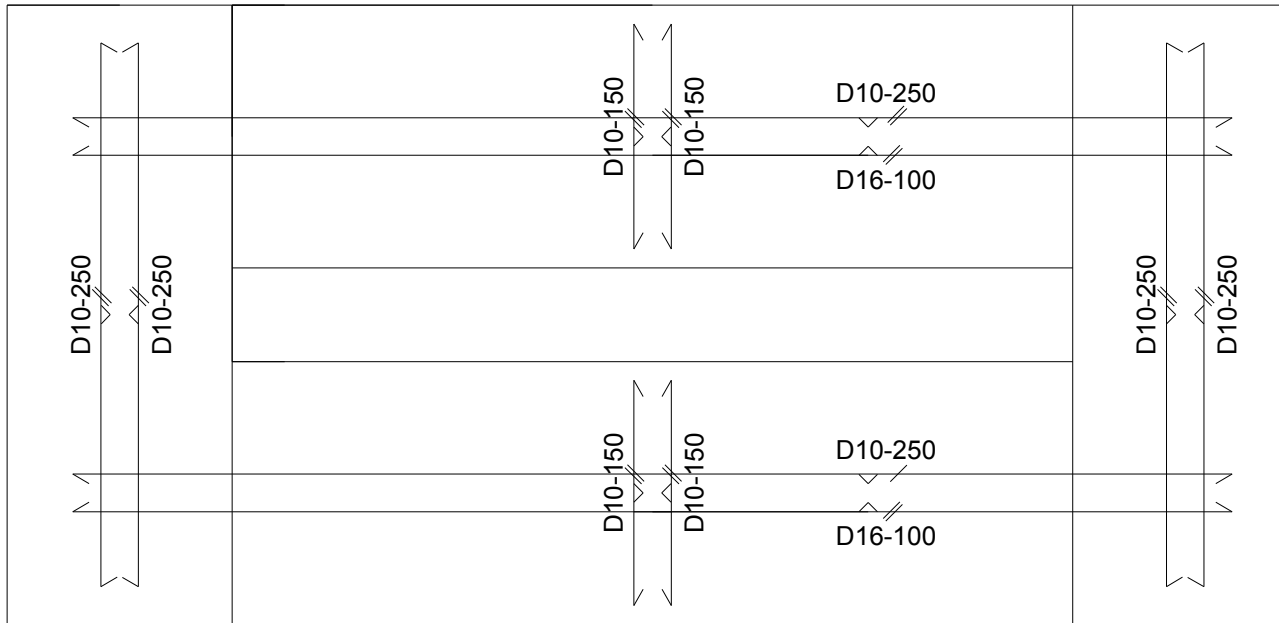
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

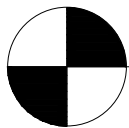
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



DETAIL C

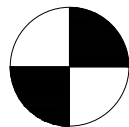
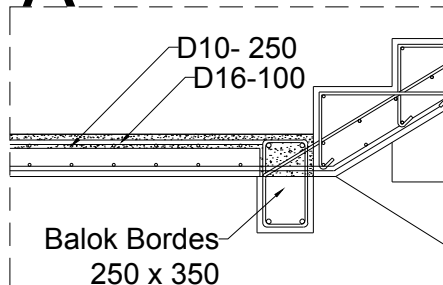
SKALA 1 : 40



PENULANGAN TANGGA

SKALA 1 : 40

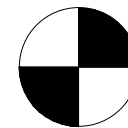
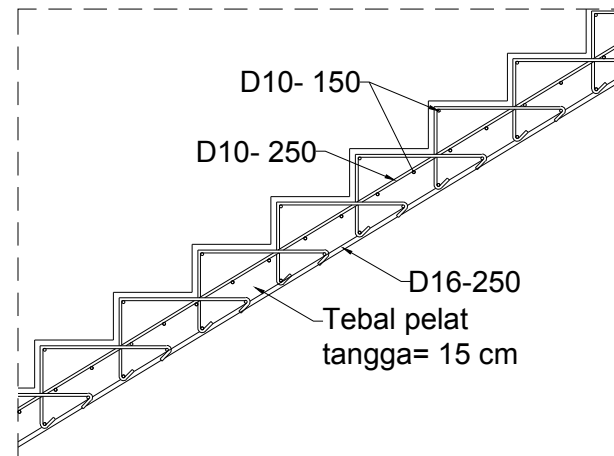
A



DETAIL A

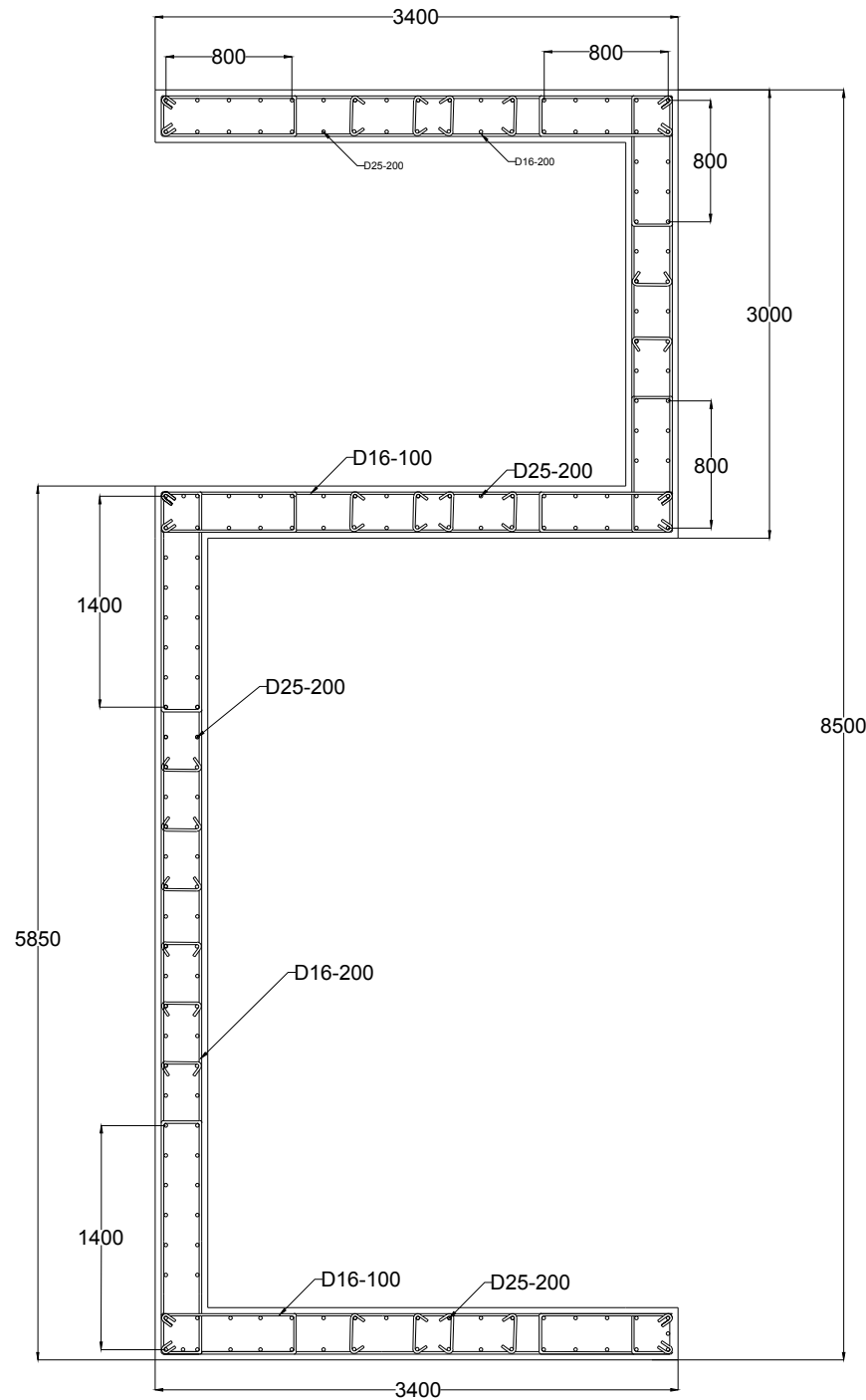
SKALA 1 : 60

B



DETAIL B

SKALA 1 : 60



**SHEARWALL TIPE 1**

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

**NAMA GAMBAR**

DETAIL PENULANGAN  
SHEARWALL TIPE 1

**SKALA GAMBAR**

1 : 50

**REVISI**

**DOSEN KONSULTASI**

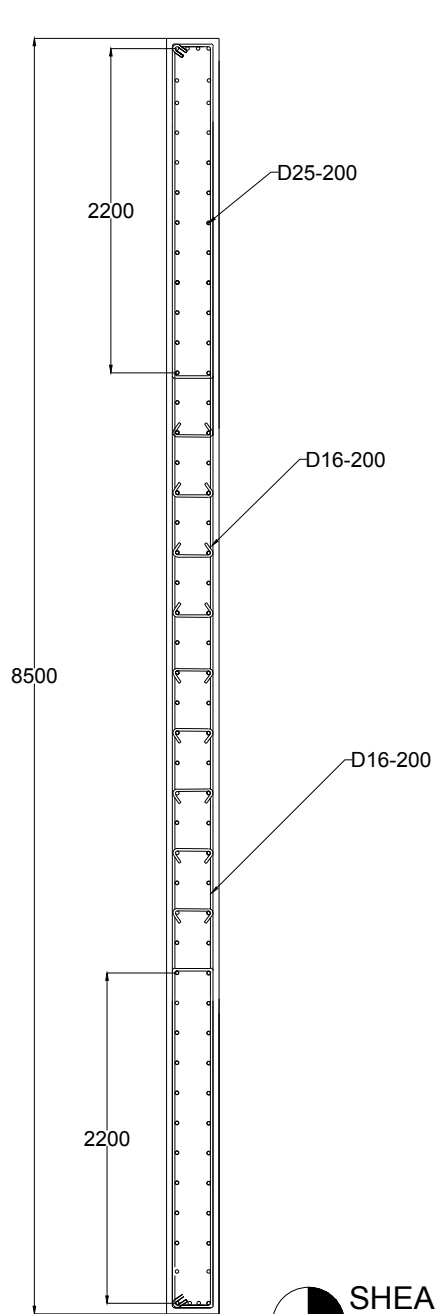
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tawio, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

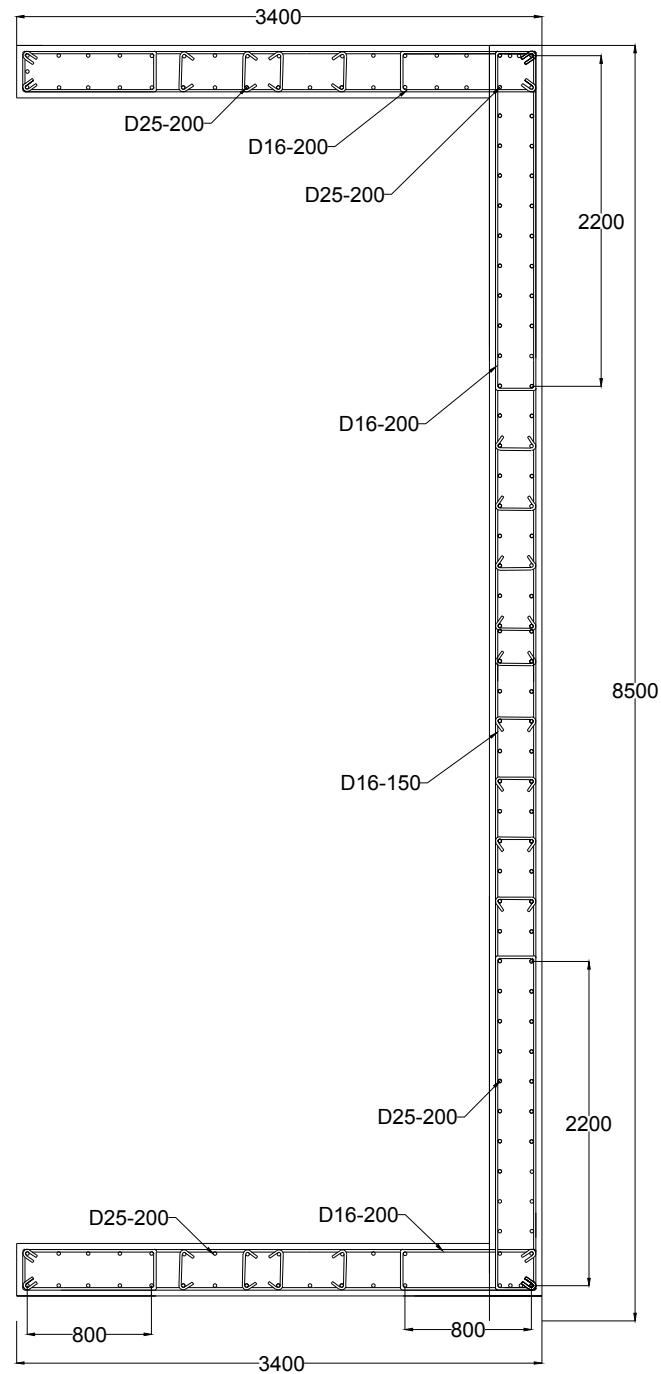
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



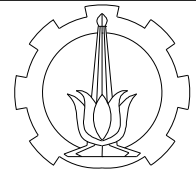
**SHEARWALL TIPE 3**

SKALA 1 : 50



**SHEARWALL TIPE 2**

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB**

**NAMA GAMBAR**

**DETAIL PENULANGAN  
SHEARWALL TIPE 2 & 3**

**SKALA GAMBAR**

1 : 50

**REVISI**

**DOSEN KONSULTASI**

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

## Potongan Memanjang

## SKALA GAMBAR

1 : 500

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

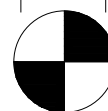
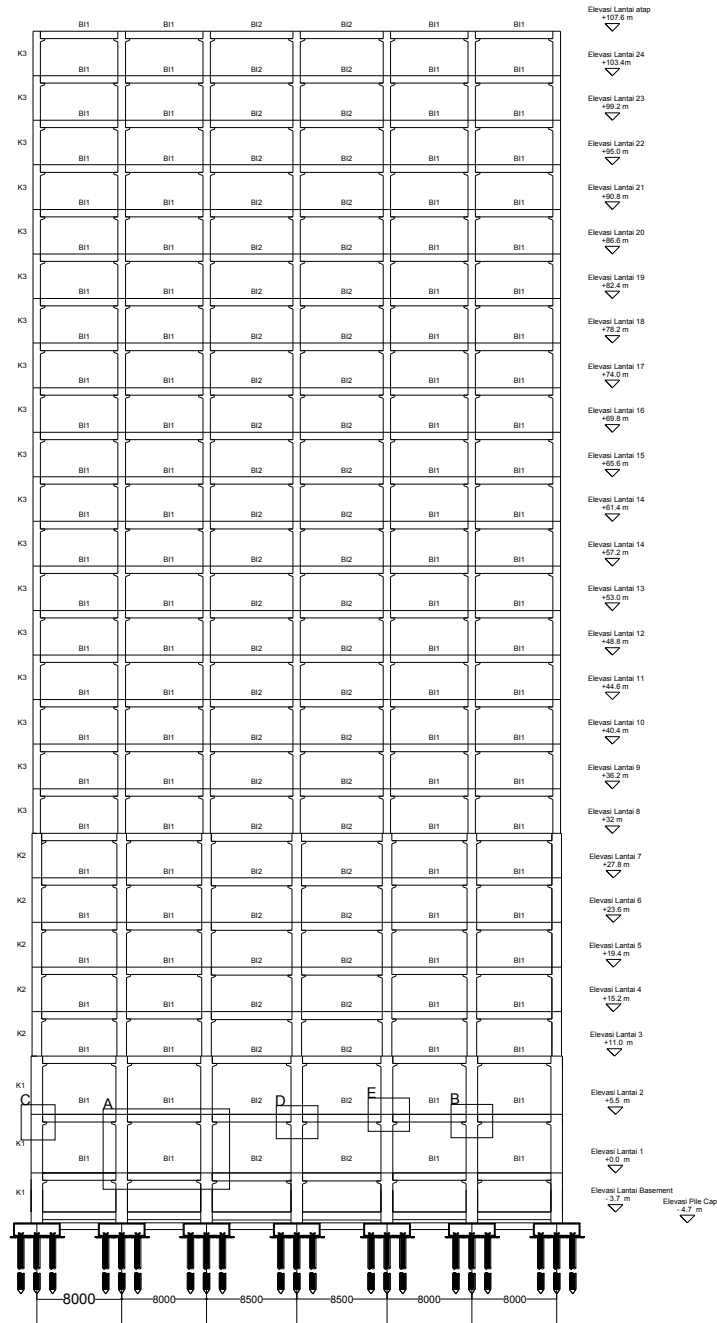
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

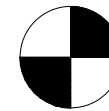
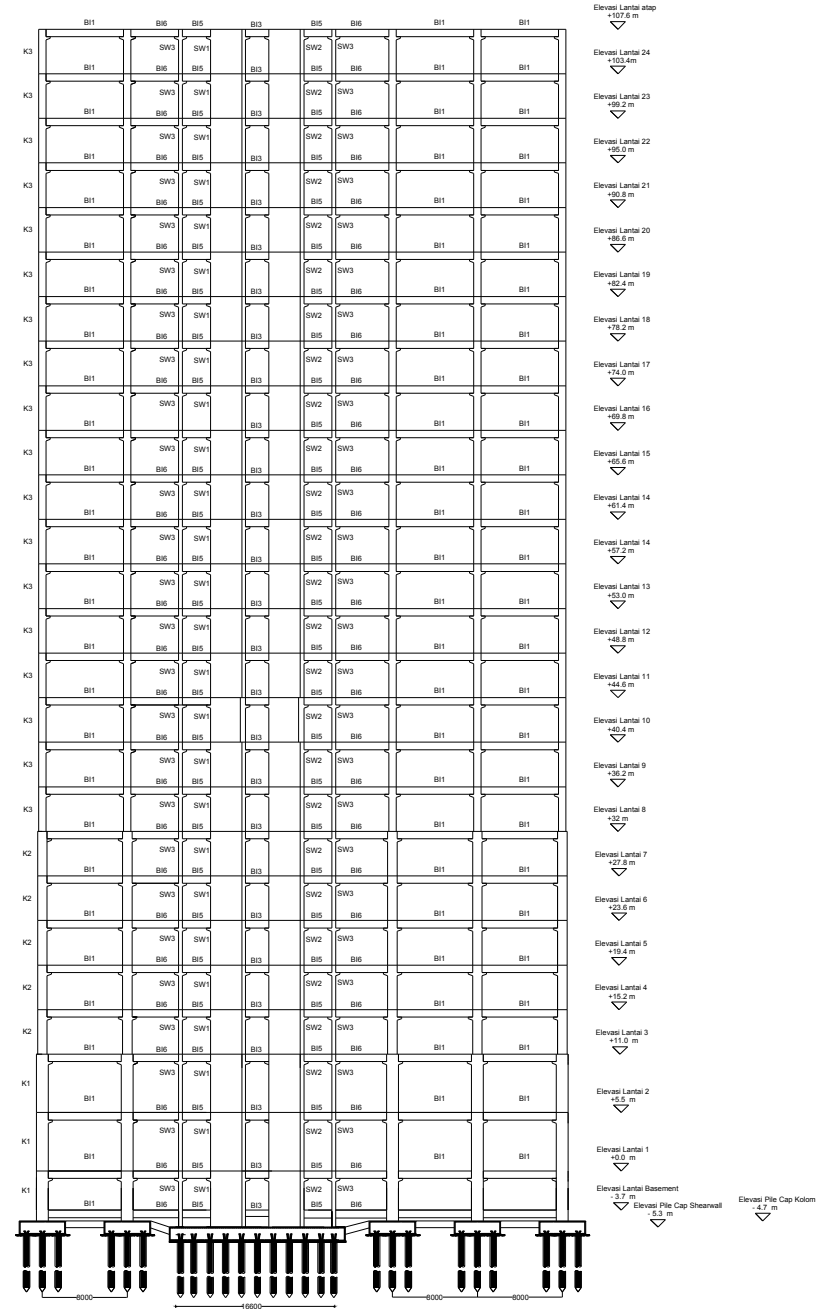
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1 : 500



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL , LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang

SKALA GAMBAR

1 : 500

REVISI

DOSEN KONSULTASI

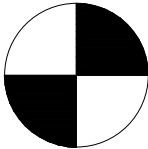
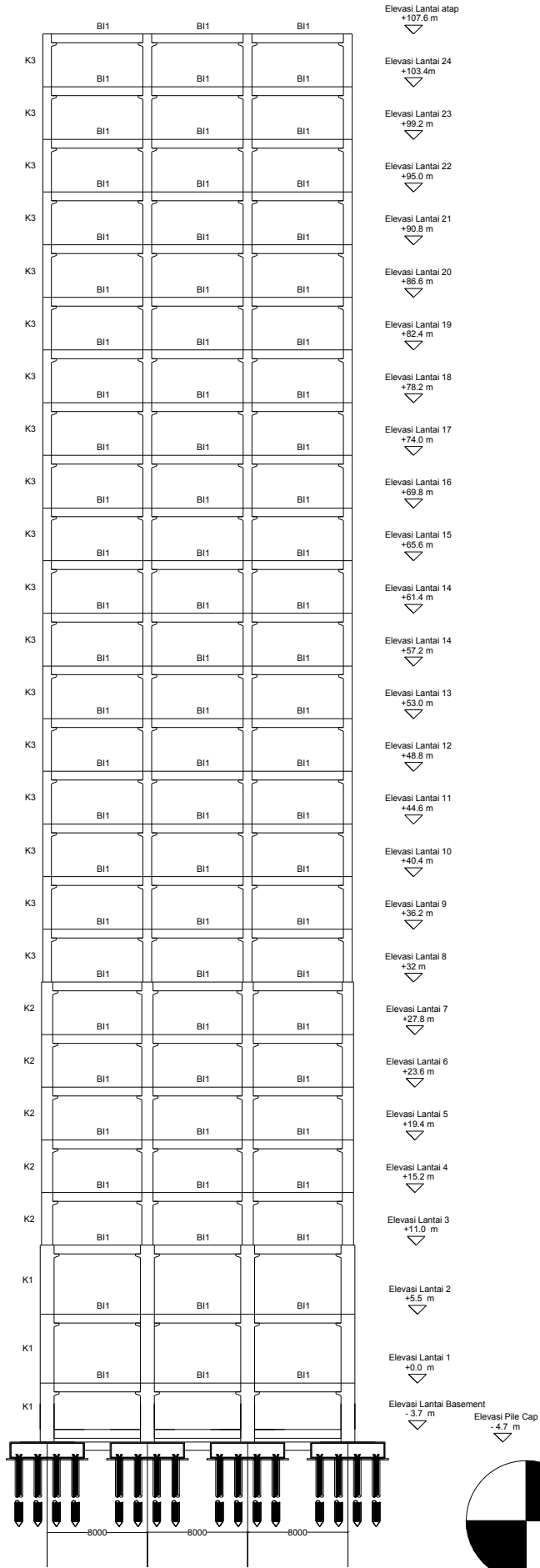
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

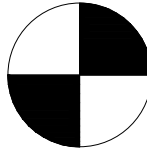
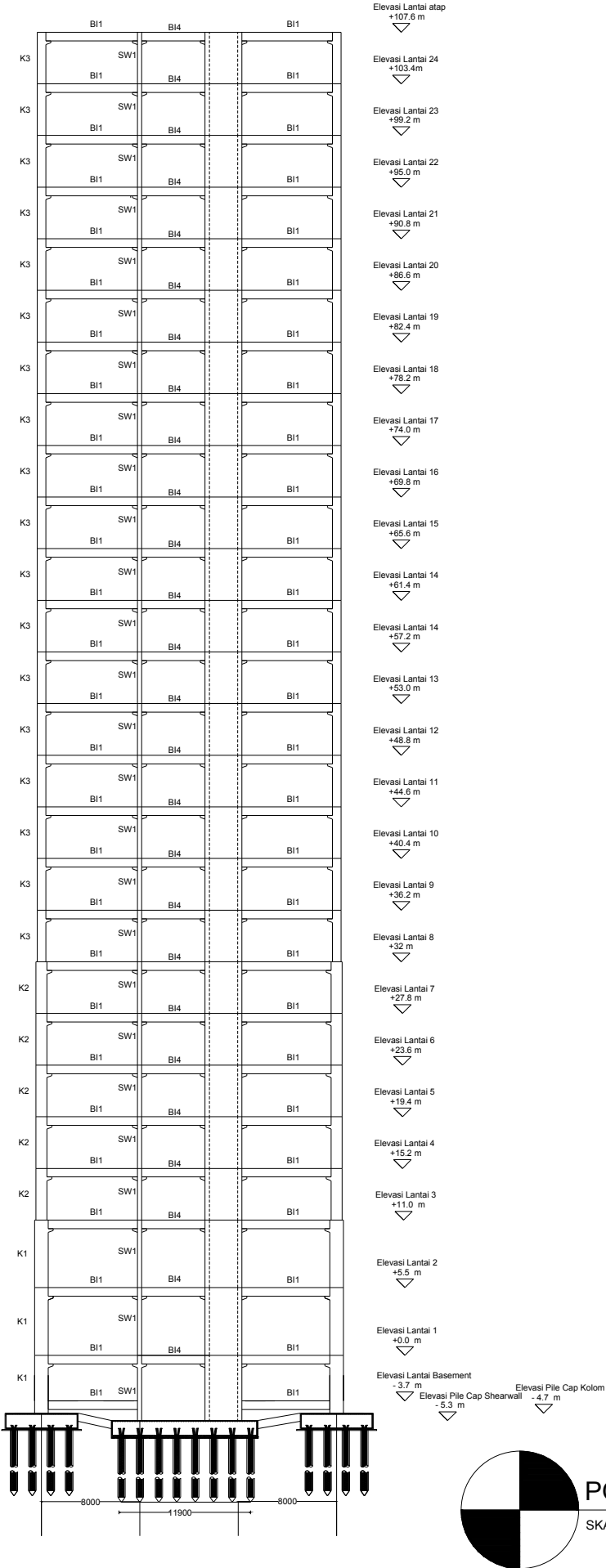
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



POTONGAN MELINTANG

SKALA 1 : 500



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE  
PRACETAK DAN  
DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

DETAIL A

## SKALA GAMBAR

1 : 60

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

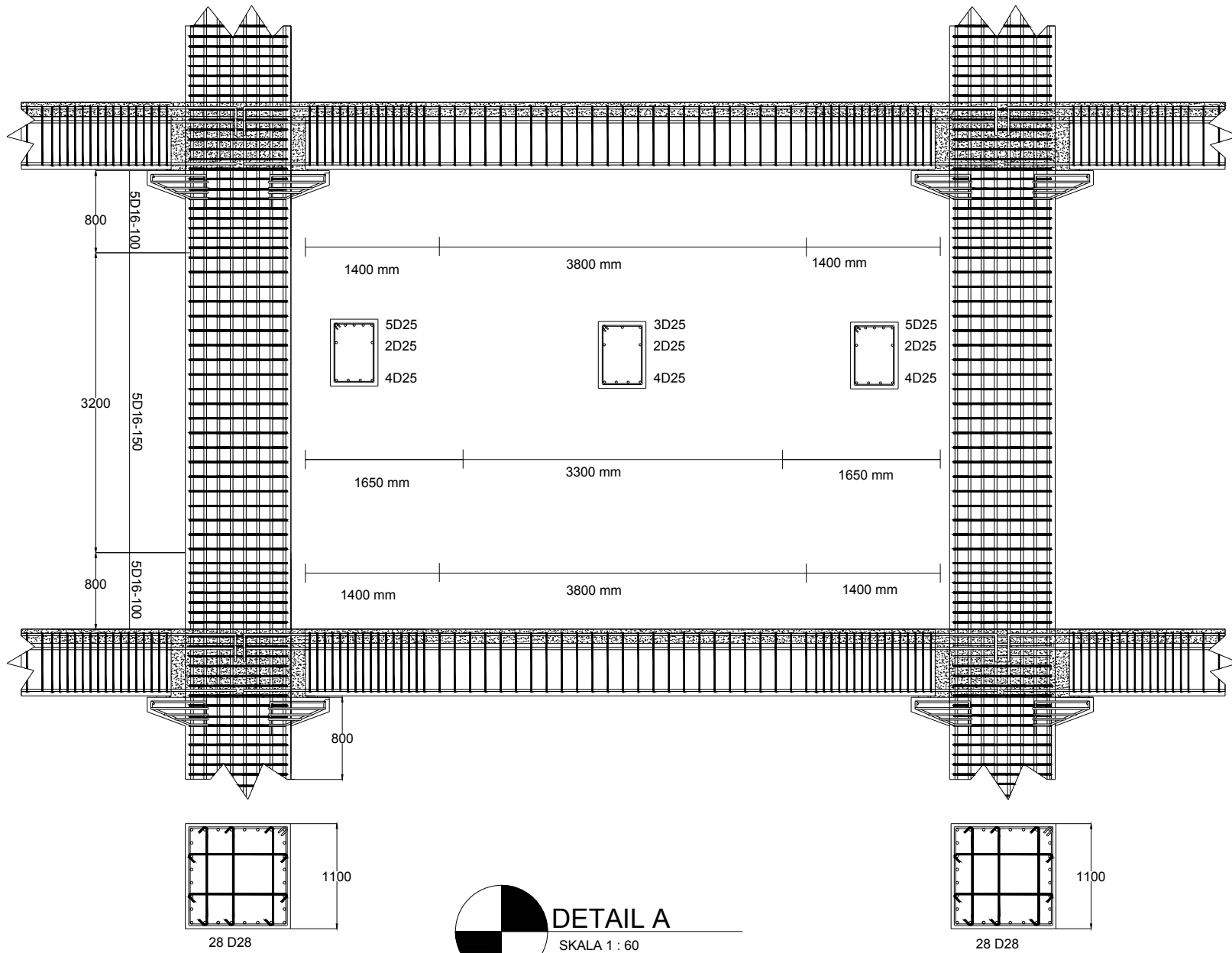
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------------------	------------------





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN  
SISTEM HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

Detail B dan C

#### SKALA GAMBAR

1 : 40

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

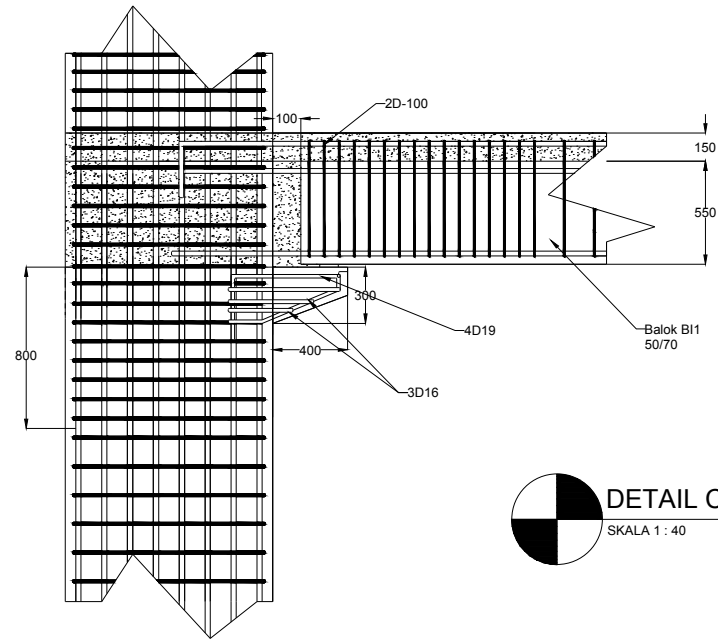
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

#### MAHASISWA

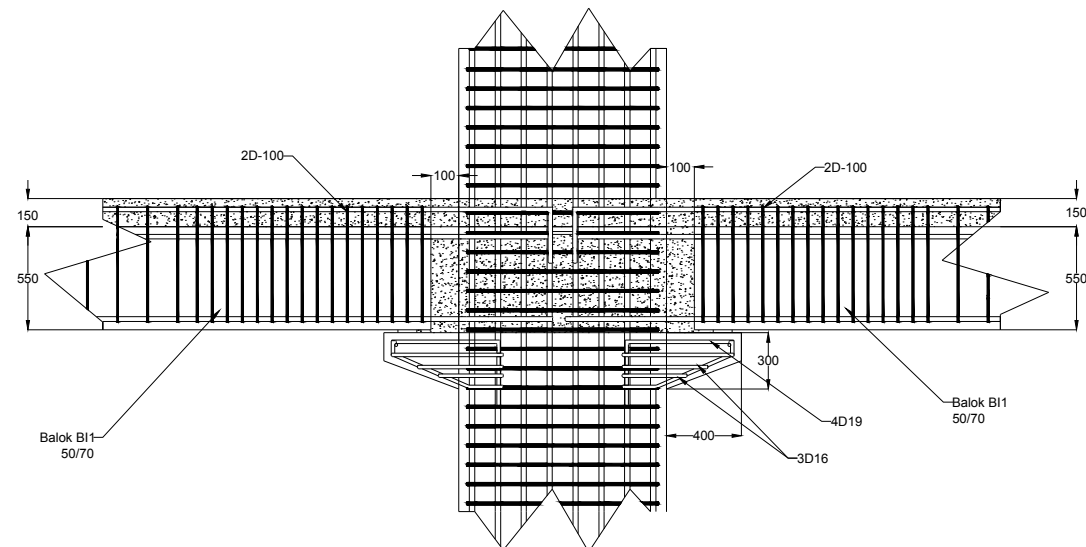
Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



DETAIL C

SKALA 1 : 40



DETAIL B

SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

Detail D & E

## SKALA GAMBAR

1 : 40

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

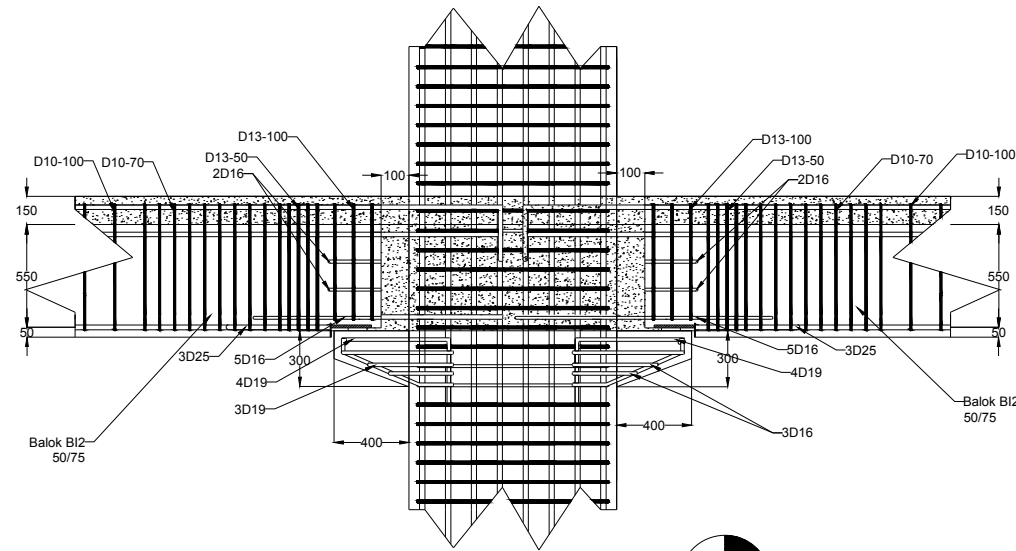
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

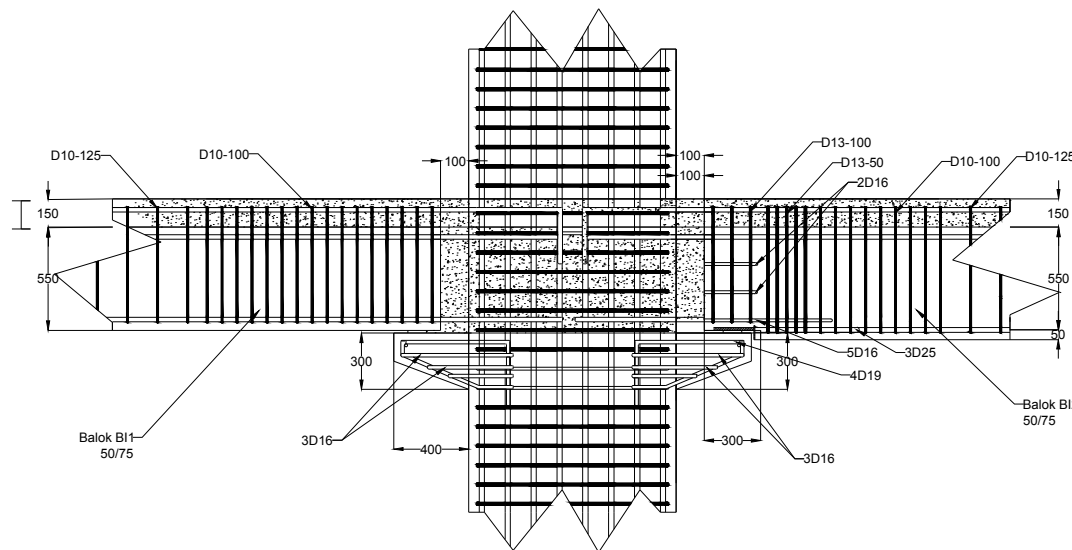
## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



[ Cast - In Situ 15 Cm



Cast - In Situ 15 Cm





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN  
BALOK ANAK-BALOK  
INDUK

#### SKALA GAMBAR

1 : 30

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

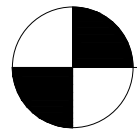
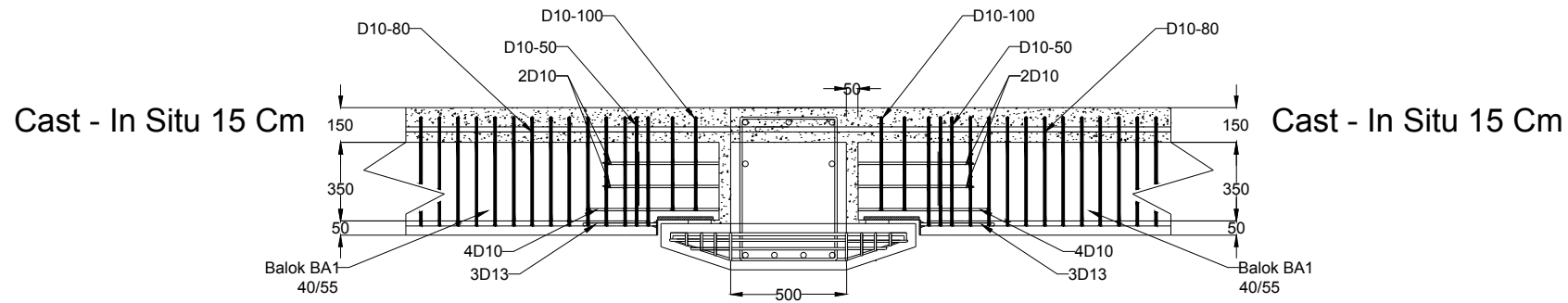
Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard  
Wibowo

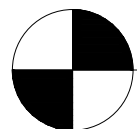
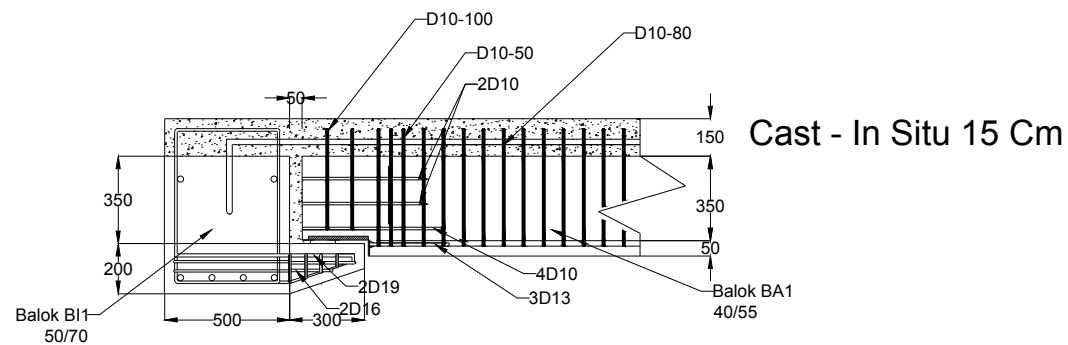
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



#### SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK DUAL SIDED

SKALA 1 : 30



#### SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK (40/55)

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN  
BALOK ANAK-BALOK  
INDUK

#### SKALA GAMBAR

1 : 30

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

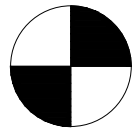
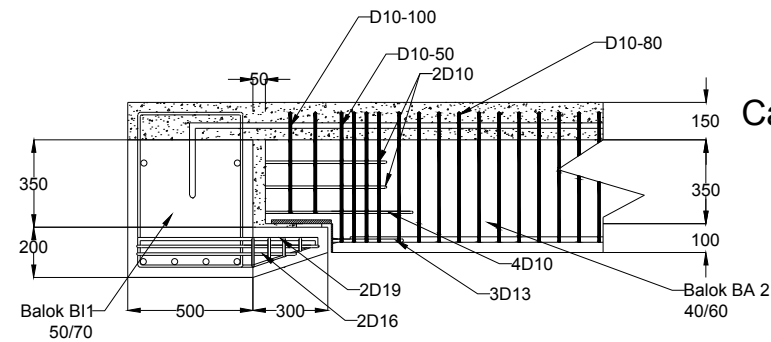
Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard Wibowo

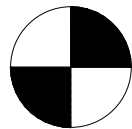
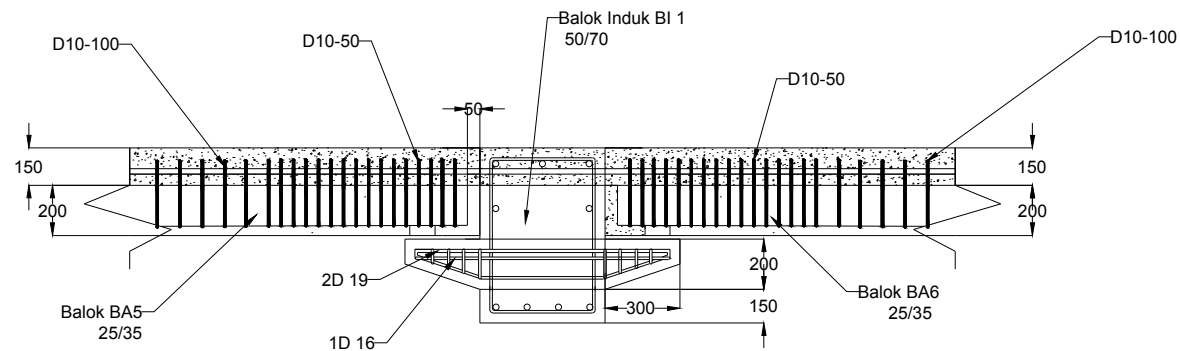
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------------------	------------------



#### SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK (40/60)

SKALA 1 : 30



#### SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK (25/35) DUAL SIDED

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK  
INDUK BALOK ANAK  
SEBELUM KOMPOSIT

#### SKALA GAMBAR

1 : 30

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

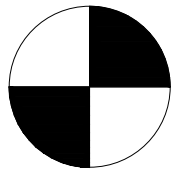
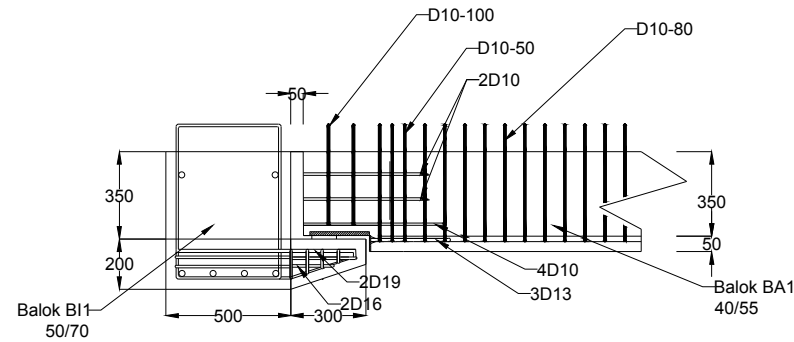
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.

#### MAHASISWA

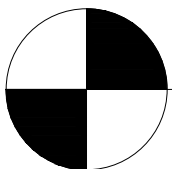
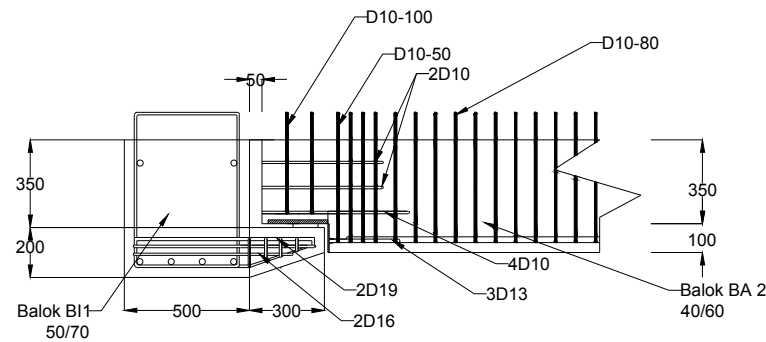
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	--------------	------------------



## SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK(BA1) SEBELUM KOMPOSIT

SKALA 1 : 30



## SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK (BA2) SEBELUM KOMPOSIT

SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

Denah Tiang Pancang

#### SKALA GAMBAR

1 : 300

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

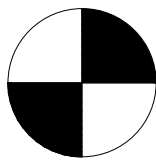
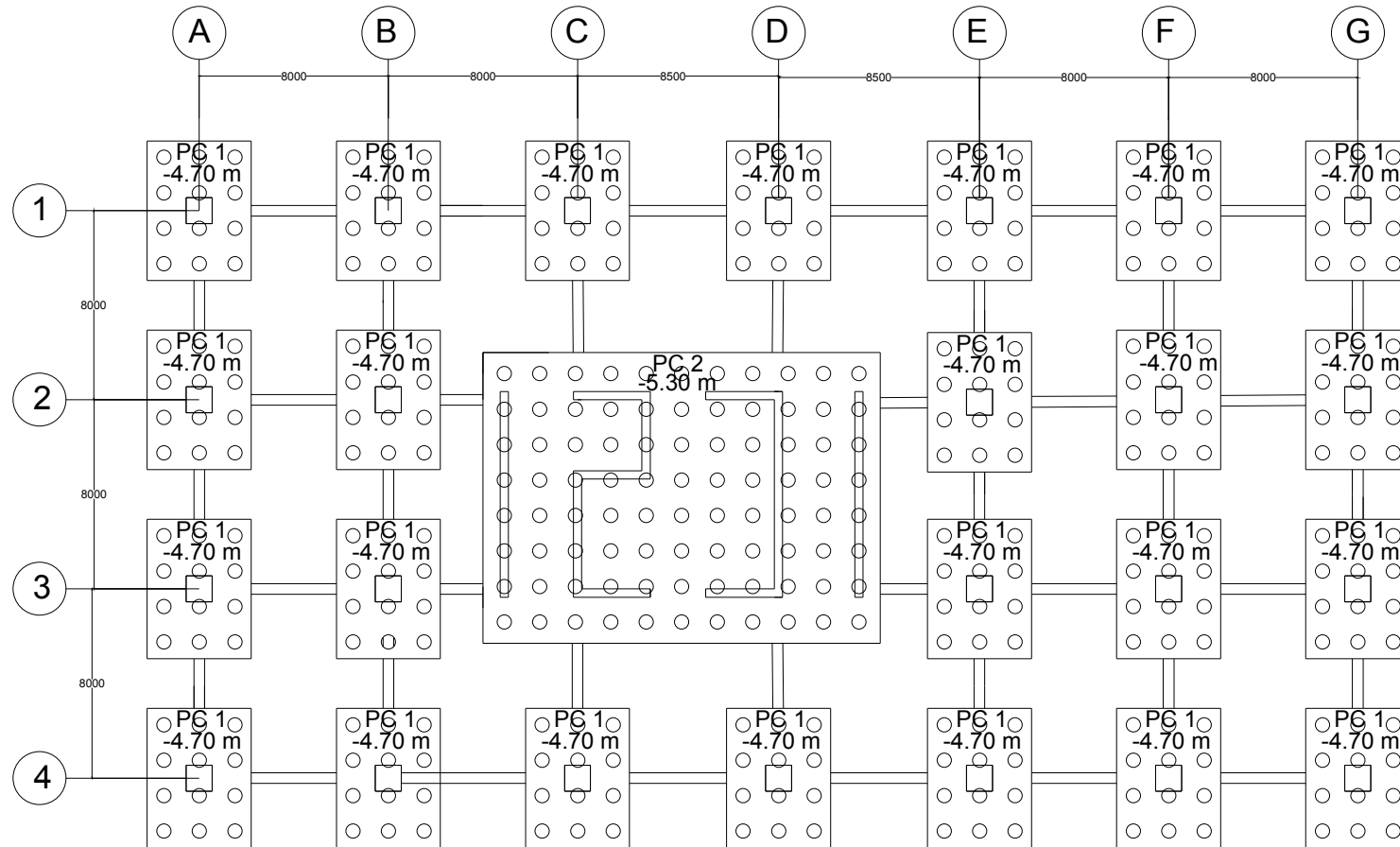
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavio, S.T., M.T.,  
Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	--------------	------------------



## DENAH TIANG PANCANG

Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

## SKALA GAMBAR

1 : 60

## REVISI

DETAIL POER TYPE 1  
PENULANGAN POER  
TYPE 1

## DOSEN KONSULTASI

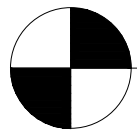
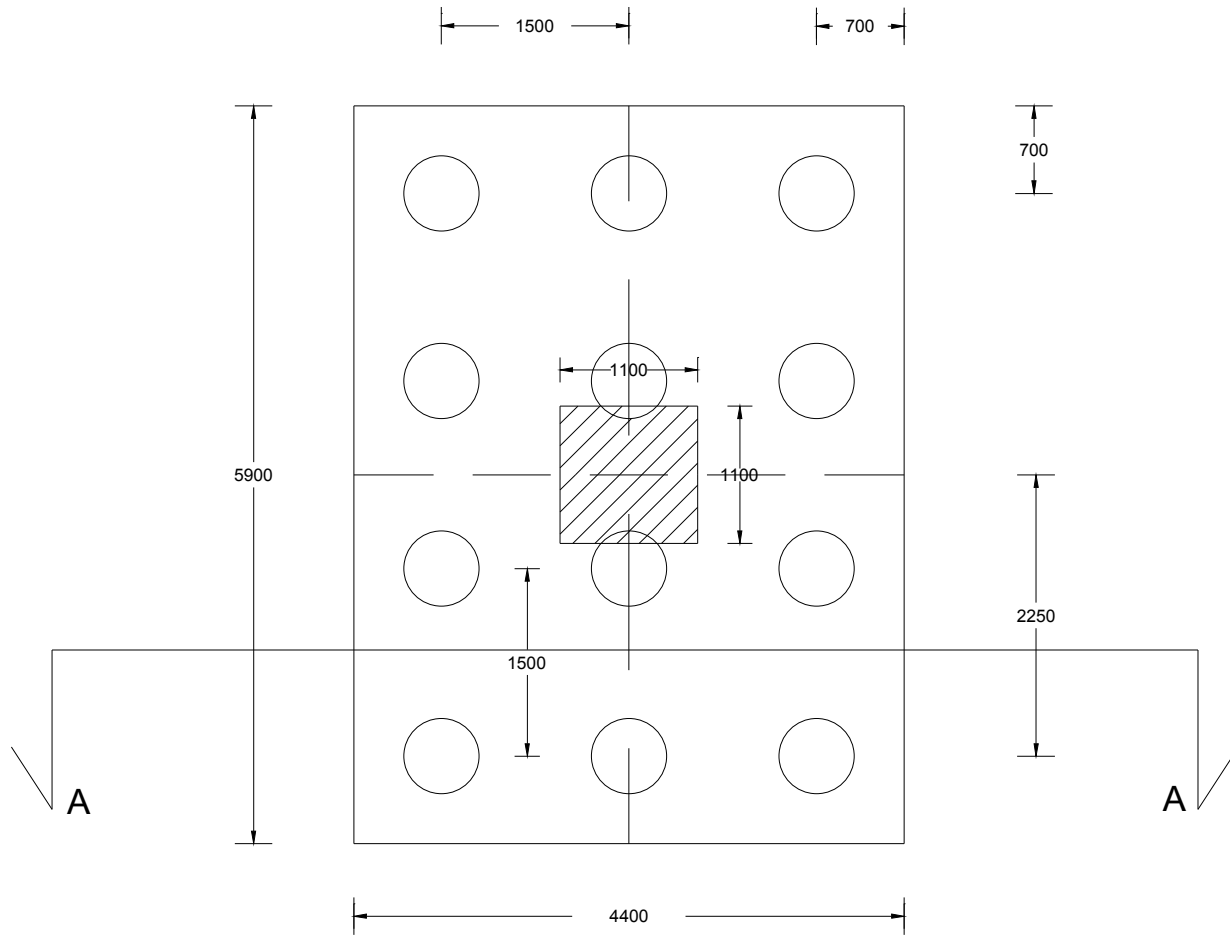
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tawio, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

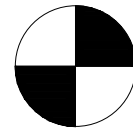
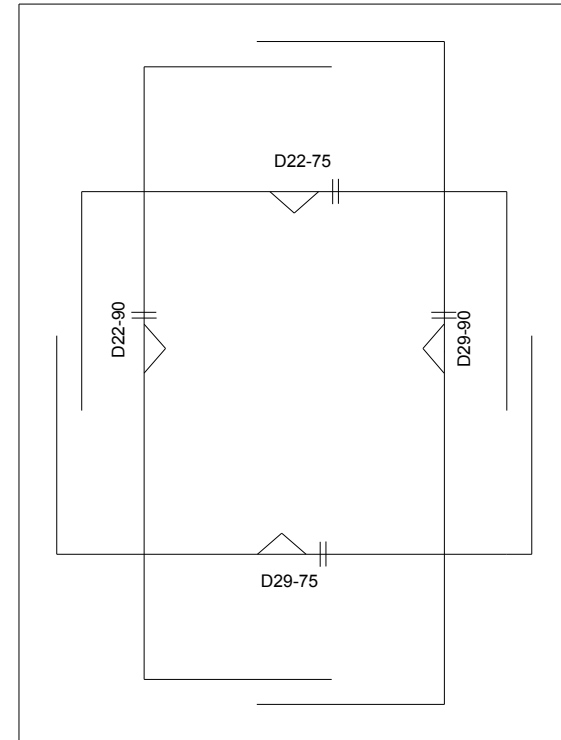
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



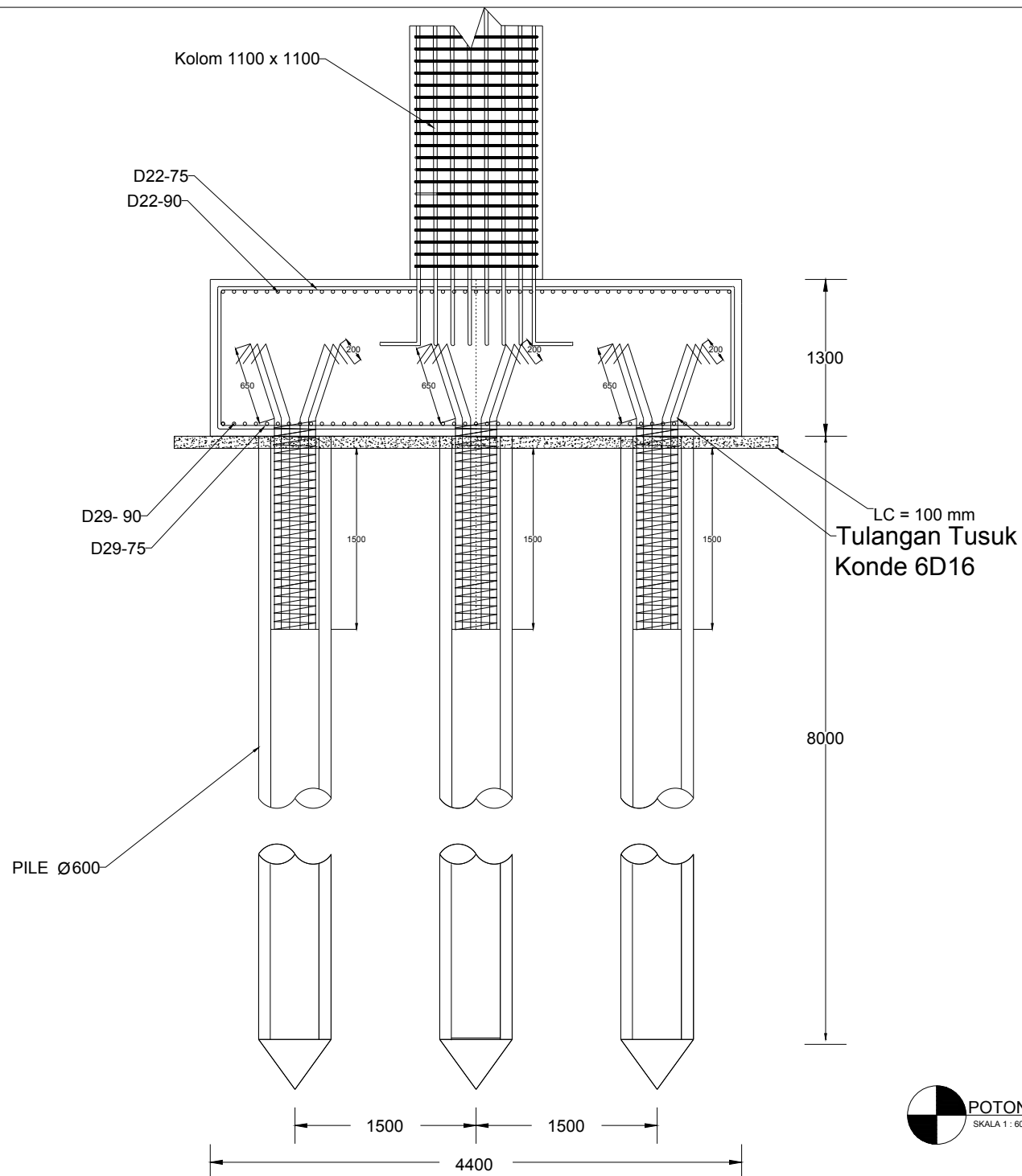
POER TYPE 1

SKALA 1 : 60



PENULANGAN POER TYPE 1

SKALA 1 : 60



POTONGAN A-A POER TYPE 1  
SKALA 1 : 60



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

# JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A POER 1

## SKALA GAMBAR

1 : 50

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

## NAMA GAMBAR

DETAIL POER TYPE 2

PENULANGAN POER  
TYPE 2

## SKALA GAMBAR

1 : 75

## REVISI

## DOSEN KONSULTASI

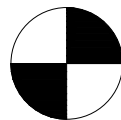
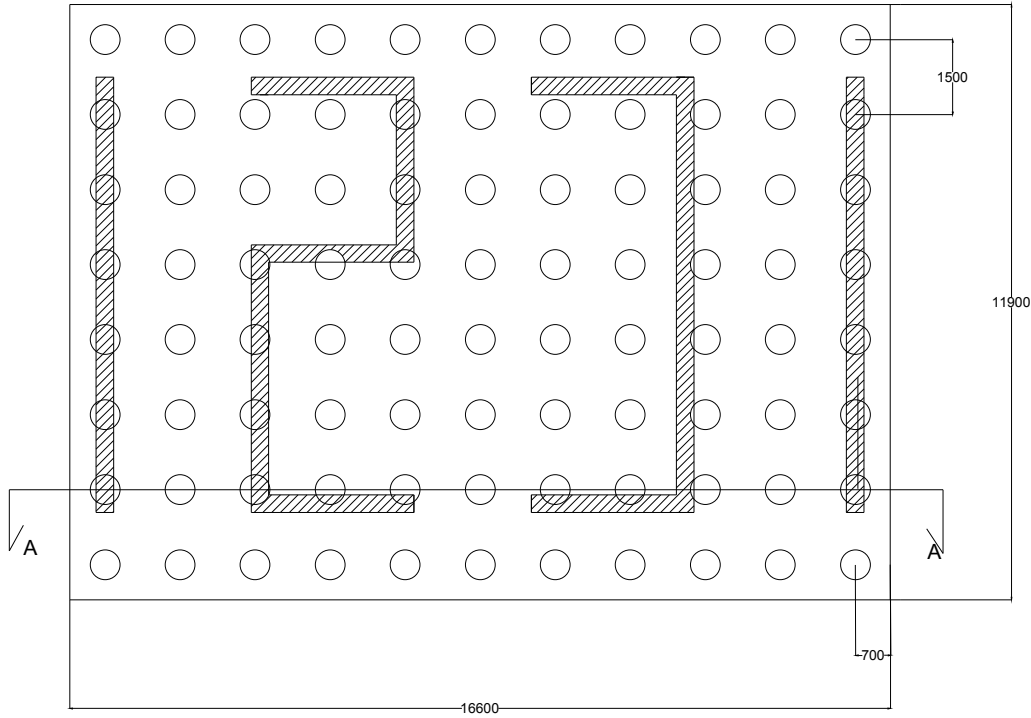
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

## MAHASISWA

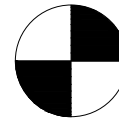
Juan Howard Wibowo  
NRP. 03111440000062

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	-----------	---------------



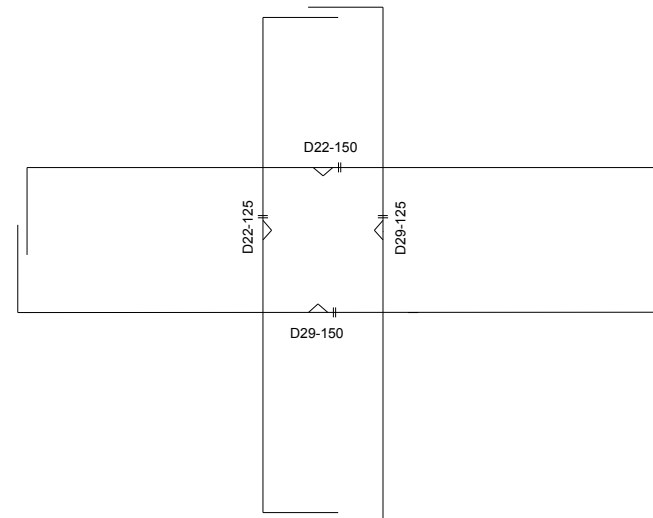
## PENULANGAN POER TYPE 2

SKALA 1 : 150



## DETAIL POER TIPE 2

SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
PERKANTORAN  
ONE GALAXY  
MENGUNAKAN  
METODE PRACETAK  
DAN DENGAN SISTEM  
HALF-SLAB

#### NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A  
POER TYPE 2

#### SKALA GAMBAR

1 : 75

#### REVISI

#### DOSEN KONSULTASI

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS.

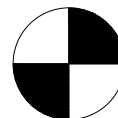
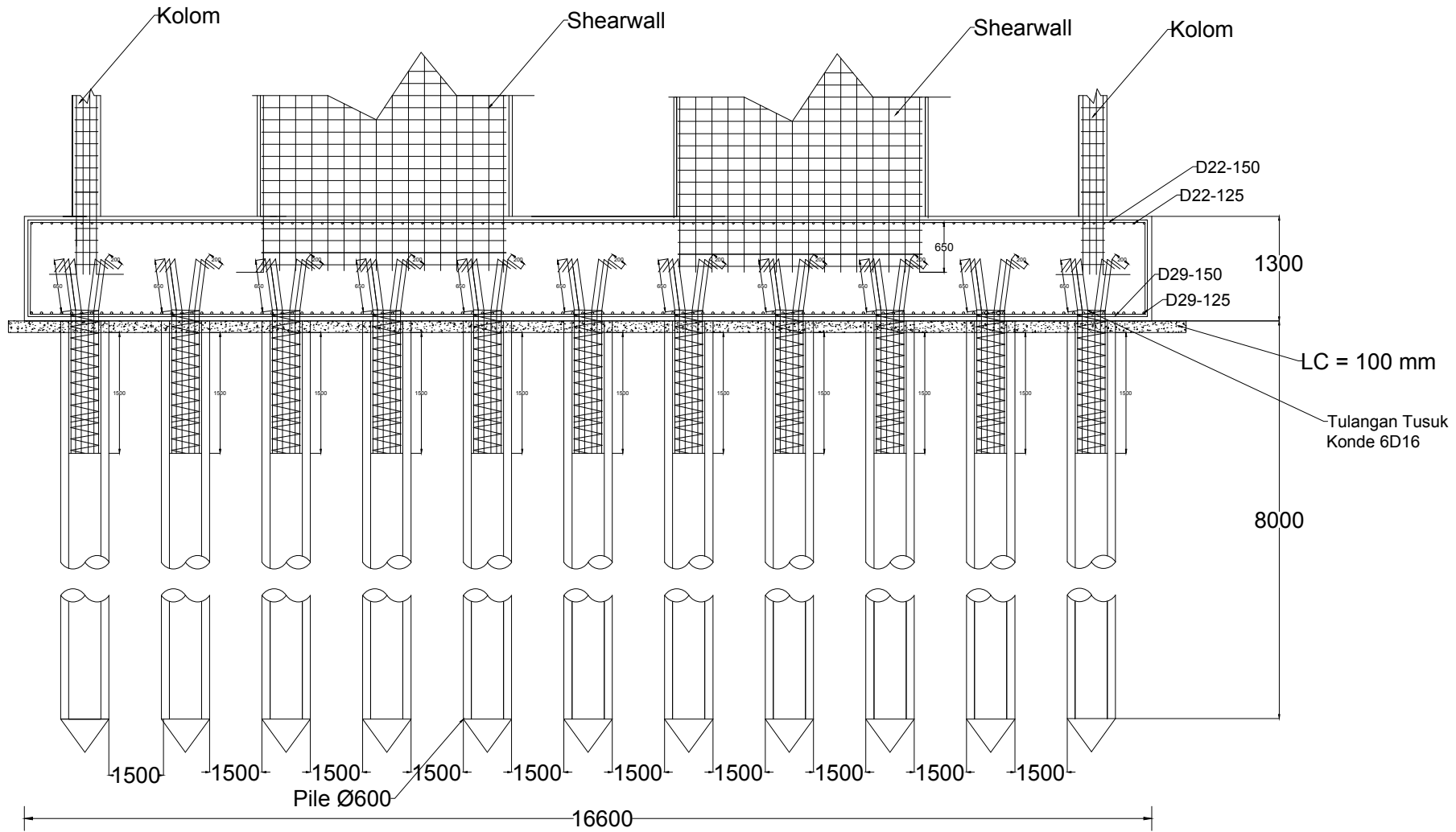
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

#### MAHASISWA

Juan Howard Wibowo  
NRP. 0311144000062

KODE GAMBAR NO  
GAMBAR

JUMLAH  
GAMBAR



POTONGAN A-A POER TYPE 2

SKALA 1 : 75



# BROCHURE

# THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



*Innovation and Trust*





# VISI

MENJADI PERUSAHAAN TERKEMUKA  
DALAM BIDANG *ENGINEERING*,  
*PRODUCTION*, *INSTALLATION* (EPI)  
INDUSTRI BETON DI ASIA TENGGARA

# MISI

1. Menyediakan produk dan jasa yang berdaya saing dan memenuhi harapan Pelanggan.
2. Memberikan nilai lebih melalui proses bisnis yang sesuai dengan persyaratan dan harapan Pemangku Kepentingan.
3. Menjalankan sistem manajemen dan teknologi yang tepat guna, untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi mutu, keselamatan dan kesehatan kerja, yang berwawasan lingkungan.
4. Tumbuh dan berkembang bersama mitra kerja secara sehat dan berkesinambungan.
5. Mengembangkan kompetensi dan kesejahteraan Pegawai.

**BOARD OF COMMISSIONERS:**

1. Gandira Gutawa Sumapraja (President)
2. Agustinus Boediono
3. Tumik Kristianingsih
4. Herry Trisaputra Zuna
5. Asfiah Mahdiani
6. Priyo Suprobo
7. Yustinus Prastowo

**BOARD OF DIRECTORS:**

1. Hadian Pramudita (President)
2. Hari Respati
3. Mohammad Syafii
4. Kuntjara
5. Agung Yunanto
6. Siddik Siregar
7. Sidiq Purnomo

Business activities in precast concrete products were initiated by PT Wijaya Karya since 1978. The robust economic growth and developments in Indonesia at that time accelerated the growth of precast concrete products business. To anticipate it, PT Wijaya Karya continued to expand its business operations by setting up new plants/factories and creating variety of the products.

In order to enhance its operations and professionalism, PT Wijaya Karya Beton Tbk. (Wika Beton) was established as a subsidiary company of PT Wijaya Karya on March 11, 1997.

As the Market Leader in the industry in Indonesia, Wika Beton is supported by its operation network which consists of 10 (ten) plants/factories, and several sales offices scattered throughout Indonesia. The operation network is created to ensure the customers' satisfaction.

To keep up with the industry's needs and customers' satisfaction, Wika Beton run its operation in accordance with the current requirement such as ISO 9001 : 2000, occupational safety and health, etc.

## PRECAST CONCRETE PRODUCTS

Precast concrete products are commonly used in the construction nowadays. Almost all of the structures require it. It is simply because the use of precast concrete has lot of advantages.

It is fast. The components of the structures, which is made of precast concrete, can be simultaneously manufactured with the other construction activities. Hence, it saves time.

It is economical and durable. Initially, we use timber or steel in some of the structures. The use of timber will need more frequent replacement, as it is not strong and does not last long. Steel is becoming expensive. Moreover those materials require maintenance, whereas concrete is maintenance free.

Flexibility in shape. The shape can be produced in accordance to the requirement.

Quality assured. The production are centralized in one place and can be easily controlled.





## PC SPUN PILES

Wika PC Spun Pile is produced by the process of spinning. The high level of concrete compactness as a result of centrifugal force causes Wika PC Spun Pile to have high durability and permeability to withstand certain environment condition.

PC Spun Pile is designed to bear various types of structures. It is used among others on high-rise buildings, industrial buildings, marine structures, bridges, etc.

## HYDRO STRUCTURE CONCRETE PRODUCTS

The main product of this structures is concrete pipe, which consists of low pressure pipes and pressure pipes. The low pressure pipe is used as sewerage, water distribution, etc.

The pressure pipe is produced using vibro pressed centrifugal system to get high density concrete with low permeability and low shrinkage. It is used as raw water transmission pipes as part of water treatment plant which requires very high resistance to the water pressure.

## PC SPUN SQUARE PILES

PC Spun Square Piles is a hollow square pile which is produced by the process of spinning. The pile can be used for deep foundation of structures, such as high-rise buildings, industrial buildings, bridge, marine structures, etc. It has many advantages compared with normal square piles. The bearing capacity is relatively equal to the normal square pile although it requires less usage of material. It is lighter so that it can reduce transportation cost.

## RAILWAY CONCRETE PRODUCTS

Railway sleeper produced by Wika Beton is monoblock pretensioned concrete sleeper using the single line production system. The production method developed by Wika Beton is flexible and suitable for the conditions in Indonesia.

The other products related to railway are catenary poles, slab for railway bridge, ballast protection wall, railway crossing, etc.

## BRIDGE CONCRETE PRODUCTS

These products are used as the components of fly over or bridge structures. Initially the beams were produced only in "I" shape. Presently, we produce box girders, U-girders, etc. and also produce voided slab, concrete diaphragm, half slab as complement of the structures.

The girders are produced in two methods, post-tensioned and pretensioned process of stressing, subject to the conditions and requirements. The pretensioned girders is a monolithic girder which is economical as it does not require additional prestressing accessories and prestressing process at the construction site.

Post-tensioned girder is produced in segments and normally assembled and post tensioned at site. The segmental girder is required when the weight and size of girder does not enable it to be lifted and transported.

## PRESTRESSED SPUN CONCRETE POLES

The Prestressed Spun Concrete Pole (PC Pole) produced using the centrifugal method constitutes the last generation of the electrical pole development in Indonesia. From wooden pole, steel pole and square concrete pole, prestressed spun concrete pole were subsequently introduced. This type of concrete pole is produced in various types for low-voltage, medium-voltage and high voltage electrical distribution networks. To facilitate handling in remote areas, Wika Poles are also produced in segments.

## RETAINING WALL CONCRETE PRODUCTS

Prestressed Concrete Sheet Pile was initially produced in flat shape. PC Corrugated Sheet Pile is subsequently produced to get a better performance for certain conditions.

PC sheet pile is normally used as permanent structures of retaining walls like quay walls, revetments, jetties, break waters, reclamation walls, training dykes, foot protection, dolphins, dock walls, cut off walls, river embankments, water control gates, etc.

The preference of using concrete sheet pile is for the convenience and the low cost in its construction/installation work.

## OTHER PRECAST CONCRETE PRODUCTS

Wika Beton also produce other type of standard products as well as custom-made products as required by our customer. Some of the products are :

- Prestressed Square Piles, Triangular Piles.
- Pipe Rack for oil company.
- Water Storage and Water Cooling Tower for power plant
- Building and Housing Components.
- Fences.
- Underground Utility Ducting, etc.

## MARINE STRUCTURE CONCRETE PRODUCTS

The application of precast concrete products in marine structures has an additional advantages. Not only do we have faster and more economical construction work, it also make the job easier. The construction work will be more complicated if there is still cast in site concrete work.

Concrete Piles, Sheet Piles, Girders, Slabs, etc. are required for structures like wharf/jetty, bridge, break water, etc.



# PC POLES

## DESCRIPTION

### Type of Poles

DPC Poles	: Prestress Concrete Poles for Electrical Distribution Line
TPC Poles	: Prestress Concrete Poles for Telecommunication Line
SDPC Poles	: Segmental Prestress Concrete Poles for Electrical Distribution Line
STPC Poles	: Segmental Prestress Concrete Poles for Electrical Transmission Line

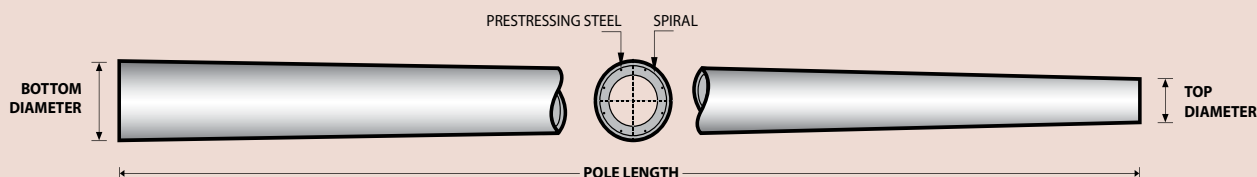
### System of Joints

Bolt and nuts for SDPC Poles  
Welding at steel joint plate for STPC Poles

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	SPLN D3.019-2 : 2013	Prestressed Concrete Poles for Distribution Line
	SPLN 121 :1996	Prestressed Concrete Poles for Transmission Line
	STEL - 2001 ver.2	Telecommunication Specification - Prestressed Concrete Spun Poles
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PC POLES | PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION



Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Class	Type		Outside Diameter		Weight (kg/pcs)
	Length (m)	Horizontal Load (daN)	Top (mm)	Bottom (mm)	
Electrical Distribution Line PC Poles					
DPC	7	100	157	202	300
DPC	9	100	157	277	580
		200	157	277	580
		350	190	310	710
DPC	11	200	190	337	1,050
		350	190	337	1,050
		500	190	337	1,050
DPC	12	200	190	350	1,230
		350	190	350	1,230
		500	190	350	1,230
DPC	13	350	190	363	1,410
		500	190	363	1,410
DPC	14	350	190	377	1,670
		500	190	377	1,670
Telecommunication Line PC Poles					
TPC	7	150	124	202	300
TPC	9	150	124	224	430
Segmental Electrical Distribution Line PC Poles					
SDPC	7	100	124	202	300
SDPC	9	100	157	277	580
		200	157	277	580
SDPC	11	200	190	337	1,050

## PRODUCT APPLICATION



Concrete Compressive Strength  $f_c' = 50 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Class	Type		Outside Diameter		Weight (kg/pcs)
	Length (m)	Horizontal Load (daN)	Top (mm)	Bottom (mm)	
Segmental Electrical Transmission Line PC Poles					
STPC	17	800	245	500	3,030
		1,000	290	545	3,650
		1,200	290	545	3,650
STPC	18	800	245	515	3,320
		1,000	290	560	3,990
		1,200	290	560	3,990
STPC	19	800	245	530	3,630
		1,000	290	575	4,350
		1,200	290	575	4,350
STPC	22	800	245	575	4,650
		1,000	290	620	5,510
		1,200	290	620	5,510
STPC	23	800	245	590	5,010
		1,000	290	635	5,930
		1,200	290	635	5,930
STPC	25	800	245	620	5,820
		1,000	290	665	7,040
		1,200	290	665	7,040
STPC	27	800	245	650	6,670
		1,000	290	695	7,800
		1,200	290	695	7,800
STPC	30	800	245	695	8,100
		1,000	290	740	9,400
		1,200	290	740	9,400

## TRANSMISSION PC POLES APPLICATION



## POLES FOUNDATION TYPE



Embedded foundation



Base Plate foundation

## POLES INSTALLATION METHOD



Installation by Lifting Crane



Installation by Box Equipment





# PC PILES

## DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

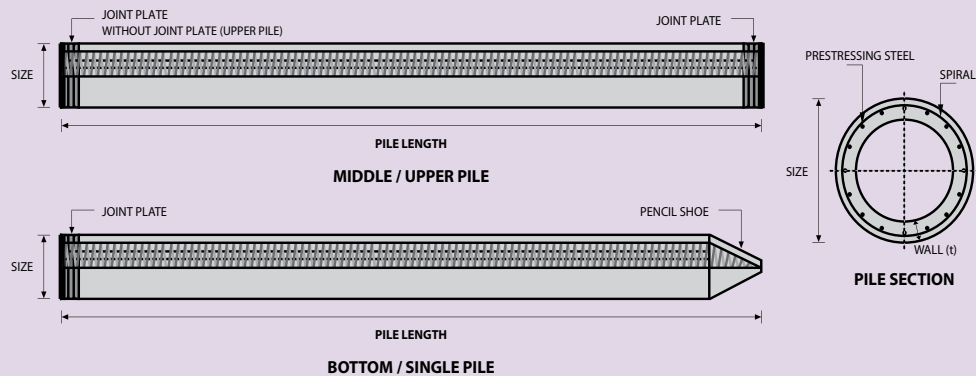
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight ( $\text{kg/m}$ )	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

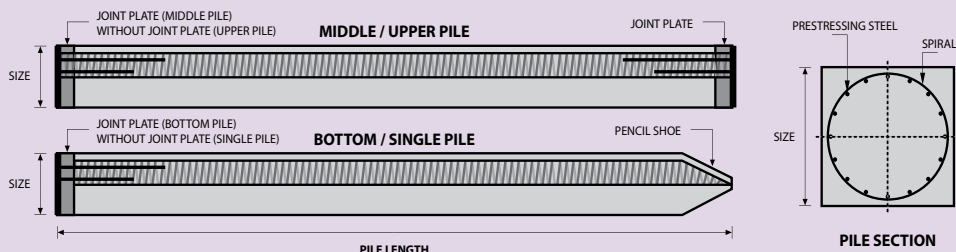
Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)	Splice Class	
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body $M_{crack}$	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6 - 9	I	II
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10	III	IV
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11	II	-
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11	I	II
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11	IV	V
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11	III	IV/V
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12	II	-
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12	I	III/IV/V
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11	III	IV
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12	II	-
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12	I	IV
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13	I	III/IV
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12	IV	V
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12	III	IV/V
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13	II	III/IV/V
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14	I	II/III/IV/V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12	III	IV
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13	III	IV
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13	II	III/IV
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14	I	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13	III	IV
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13	II	III/IV
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14	I	II/III/IV
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14	I	II/III/IV

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

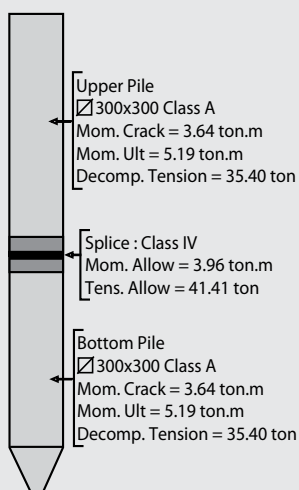
### TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

Size (mm)	Class	Bending Moment		Tension	
		Allowable (ton.m)	Ultimate (ton.m)	Allowable (ton)	Ultimate (ton)
200 x 200	I	1.56	2.11	41.82	47.05
	II	0.76	1.02	16.34	18.38
250 x 250	I	3.17	4.28	55.22	62.12
	II	2.99	4.03	41.41	46.59
	III	2.34	3.17	41.41	46.59
	IV	1.29	1.74	24.50	27.57
300 x 300	I	5.96	8.05	83.64	94.10
	II	4.53	6.12	62.73	70.57
	III	4.28	5.78	55.22	62.12
	IV	3.96	5.35	41.41	46.59
	V	2.34	3.16	24.50	27.57
350 x 350	I	7.67	10.35	83.64	94.10
	II	6.81	9.19	83.64	94.10
	III	5.71	7.71	55.22	62.12
	IV	3.30	4.45	27.61	31.06
400 x 400	I	12.20	16.47	117.95	132.69
	II	11.28	15.23	88.46	99.52
	III	9.41	12.71	83.64	94.10
	IV	8.58	11.58	62.73	70.57
	V	3.97	5.36	27.61	31.06
450 x 450	I	15.80	21.33	147.43	165.86
	II	14.07	19.00	117.95	132.69
	III	13.02	17.57	88.46	99.52
	IV	6.55	8.84	41.82	47.05
500 x 500	I	19.72	26.63	118.60	133.43
	II	16.51	22.29	117.95	132.69
	III	15.14	20.43	88.46	99.52
	IV	7.56	10.21	41.82	47.05

### EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

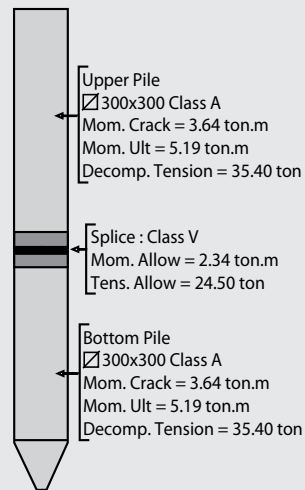
#### Case 1 : Compatible to Body Moment Crack

Splice of PC Piles having equivalent performance to the crack bending moment of the main body.

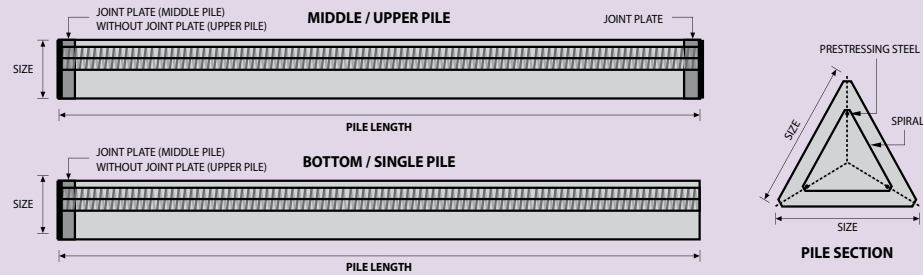


#### Case 2 : Optional Splice

Application of optional splices should be approved by structure designer.



## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



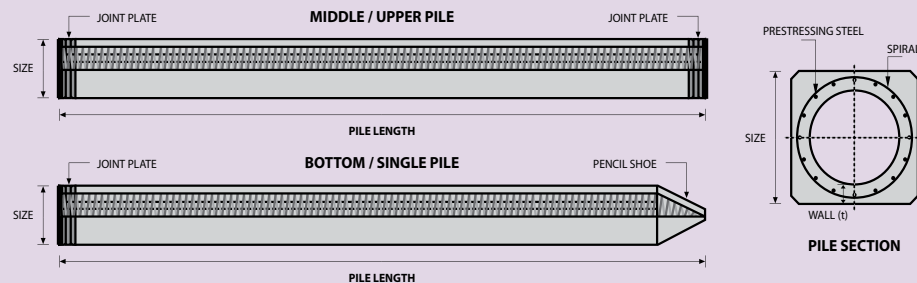
### PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	52.90	6 - 15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6 - 16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6 - 16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6 - 16

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PRODUCT APPLICATION



Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory



Piles for Marine Structures



Piles Foundation for Building



Piles Foundation for Bridges

# RAILWAY CONCRETE PRODUCT

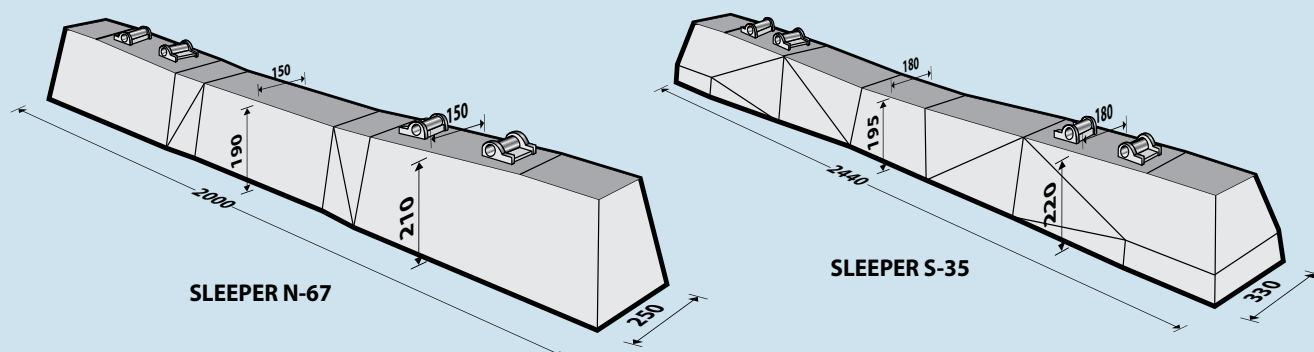
## DESCRIPTION

Type of Railway Product :      Prestressed Concrete Sleepers  
 Prestressed Concrete Turnout Sleepers  
 Prestressed Concrete Catenary Poles

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	PD No.10 - Perumka AREMA Chapter 30 - 2009 GOST 10629 - 1988 TB/T 3080 - 2030 JIS A 5309 - 1981	Indonesian Railways Design Reference American Railway Engineering Manitenance of Ways Prestressed Concrete Sleepers for Railway Wide 1520 mm Technical Concrete Sleeper Railway Industry Standards Prestressed Concrete Spun Poles
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC SLEEPERS



## PC SLEEPERS DIMENSION

Type	Sleeper Length (mm)	Depth (mm)		Width at Rail Seat (mm)		Width at Center (mm)	
		at rail seat	at center	Upper	Bottom	Upper	Bottom
N-67	2000	210	190	150	250	150	226
S-35	2440	220	195	190	310	180	240
W-20	2700	195	145	224	300	182	250

## PC SLEEPERS SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

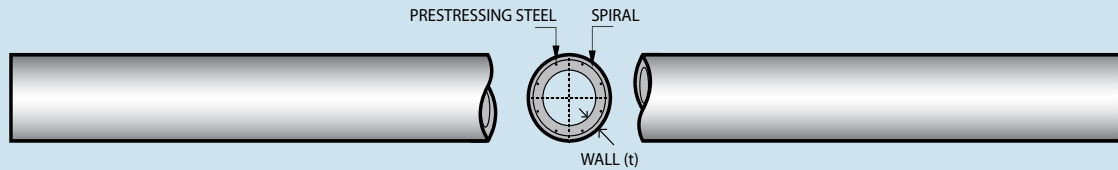
Type *   **	Track Gauge (mm)	Design Axle Load (ton)	Train Speed (km/h)	Sleeper Weight (kg)	Design Bending Moments ( kg.m )				Design Reference ***
					Moments at Rail Seat		Moments at Centre		
					positive (+)	negative (-)	positive (+)	negative (-)	
N-67	1067	18	120	190	1500	750	660	930	PERUMKA PD - 10
S-35	1435	25	200	330	2300	1500	1300	2100	AREMA
W-20	1520	23	120	275	1300	-	-	980	GOST 10629 Grade-1

Note :      \*) Type of Rail is available for R-33, R-38, R-40, R-42, R-50, R-54 & R-60

\*\*) Type of fastening is available for Pindad E-Clip, Pandrol E-Clip, Vossloch Clip, DE-Clip or others adjustable to customer requirement

\*\*\* ) Standard design reference is adjustable to customer requirement

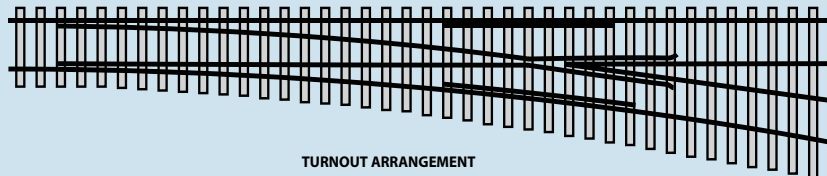
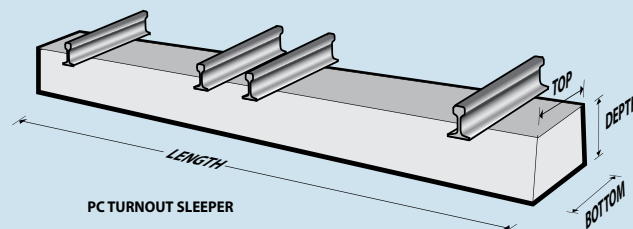
## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC CATENARY POLES



### PC CATENARY POLES SPECIFICATION Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 $\text{kg/cm}^2$ )

Type	Outside Diameter (mm)	Thickness Wall (mm)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight (kg/m)	Bending Moment		Length of Pole (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)	
C-50	350	70	616	64,115	154	5.00	10.00	9 - 12
C-65	350	70	616	64,115	154	6.50	13.00	10 - 14
C-75	350	70	616	64,115	154	7.50	15.00	11 - 14
C-110	400	75	766	106,489	191	11.00	22.00	11 - 14
C-150	450	80	930	166,570	232	15.00	30.00	12 - 15

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC TURNOUT & SCISSORS SLEEPERS



### SPECIFICATION Concrete Compressive Strength $f_c' = 60 \text{ MPa}$ (Cube 700 $\text{kg/cm}^2$ )

Type	Sleeper Quantity (pcs/set)	Unit Weight (kg/m)	Dimension (mm)			
			Length	Depth	Bottom	Top
Turnout 1:10	55	154	Variable	220	300	260
Turnout 1:12	74					
Scissor 1:10	34					

Note :

1. Type, quantity and dimension of PC Turnout or Scissor Sleeper per arrangement is adjustable to customer requirement
2. Type of fastening is adjustable to customer requirement

## PRODUCT APPLICATION



Railway Sleepers



Railway Catenary Poles



Railway Turnout



Railway Bridges

# BRIDGE PRODUCT

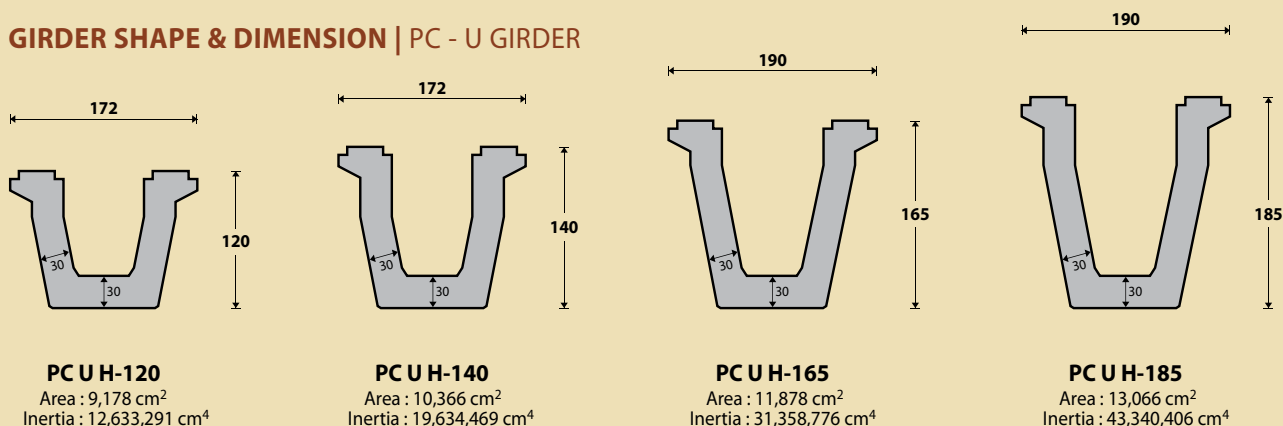
## DESCRIPTION

Type of PC Girder	PC U Girder : Prestressed Concrete Girder Type U
	PC I Girder : Prestressed Concrete Girder Type I
	PCVS : Prestressed Concrete Voids Slab
	PC SB Girder : Prestressed Concrete Segmental Box Girder
Type of Precast Bridge Floor	PC DT Slab : Prestressed Concrete Double Tee Slab
	RC FD Slab : Reinforced Concrete Full Depth Slab
Prestress System	Post-Tension or Pretension

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	SNI T-12-2004 SNI 1725:2016 Bridge Design Manual	Indonesian Concrete Code : Bridge Concrete Design Indonesian Concrete Code : Design Load for Bridge PCI Prestress Concrete Institute
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - U GIRDER



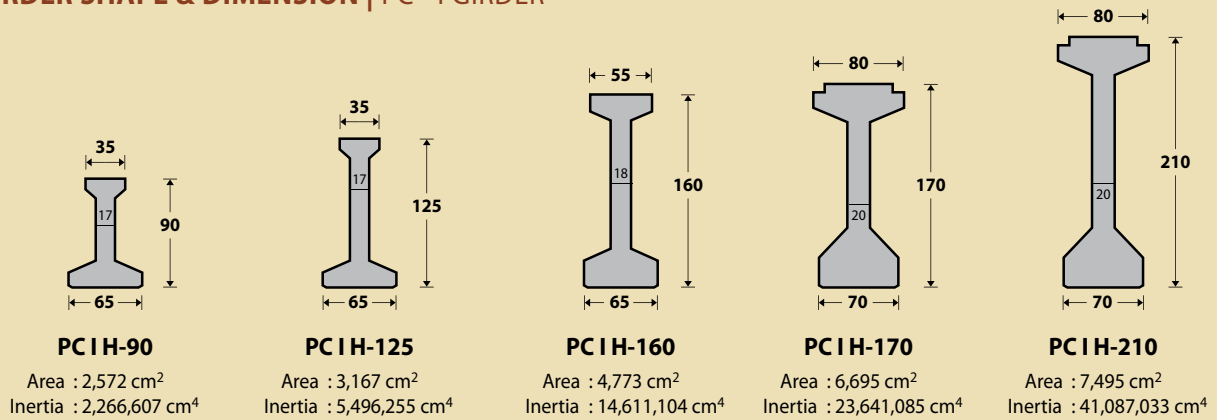
## POST-TENSION PC-U GIRDER SPECIFICATION

Span (m)	PC U H-120cm				PC U H-140cm				PC U H-165cm				PC U H-185cm			
	Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)	
	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>
13	310 / 40	364	344	1085												
14	310 / 40	386	358	1140												
15	310 / 40	409	372	1194												
16	310 / 40	432	386	1248												
17	310 / 40	454	400	1303												
18	310 / 40	477	414	1357	310 / 40	510	414	1397								
19	310 / 40	499	428	1411	310 / 40	534	428	1453								
20	310 / 40	522	442	1466	310 / 40	558	442	1509								
21	310 / 40	545	456	1520	310 / 40	583	456	1566								
22	270 / 50	532	409	1417	310 / 40	614	470	1631								
23					310 / 40	638	484	1687								
24					310 / 50	662	498	1743								
25					310 / 50	686	512	1799	310 / 40	742	512	1866				
26					310 / 50	710	526	1855	310 / 40	768	526	1924				
27					310 / 50	735	540	1911	310 / 40	794	540	1982				
28					310 / 60	759	554	1967	310 / 40	820	554	2040				
29					270 / 60	742	494	1834	310 / 50	861	568	2117				
30									310 / 50	887	582	2175				
31									310 / 50	913	588	2221				
32									270 / 50	877	518	2045	310 / 50	992	595	2331
33													310 / 50	1020	602	2378
34													310 / 50	1047	609	2425
35													310 / 50	1074	616	2473
36													310 / 50	1102	622	2520
37													310 / 60	1129	629	2567
38													310 / 60	1157	636	2614
39													270 / 60	1111	560	2414
40													270 / 60	1136	566	2457

Note : Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter :  
200mm for CIP Slab, 70mm concrete deck slab and 50mm asphaltic layer



GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - I GIRDER

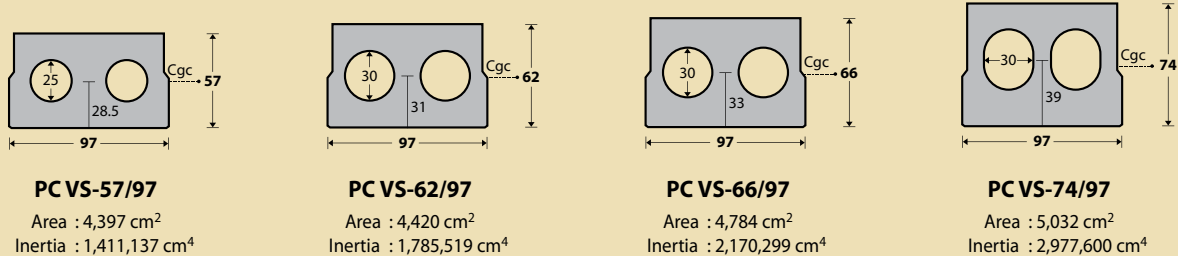


POST-TENSION PC-I GIRDER SPECIFICATION

Span (m)	PC I H-90cm				PC I H-125cm				PC I H-160cm				PC I H-170cm				PC I H-210cm			
	Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)	
	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult
10	185 / 40	117	179	476																
11	185 / 40	128	187	505																
12	185 / 40	138	196	533																
13	185 / 40	151	204	565																
14	185 / 40	161	212	594																
15	185 / 40	171	221	622																
16	140 / 40	150	173	508	185 / 40	200	229	673												
17					185 / 40	211	237	702												
18					185 / 40	222	245	731												
19					185 / 40	233	254	761												
20					185 / 40	244	262	790												
21					185 / 40	255	270	820												
22					140 / 50	225	211	672	185 / 40	318	279	913								
23					140 / 60	234	217	695	185 / 40	331	287	945								
24									185 / 40	344	295	976								
25									185 / 40	357	304	1008								
26									185 / 40	370	312	1040								
27									185 / 40	383	320	1072								
28									185 / 40	396	329	1104								
29									185 / 40	419	337	1148								
30									140 / 50	369	261	944	185 / 40	432	345	1180				
31									140 / 50	381	264	964	185 / 40	445	349	1204				
32													185 / 40	517	354	1297				
33													185 / 40	532	358	1324				
34													185 / 40	546	362	1350				
35													185 / 50	561	366	1377	185 / 40	607	366	1432
36													185 / 60	576	370	1403	185 / 40	623	370	1460
37													185 / 60	591	374	1429	185 / 40	639	374	1487
38													185 / 60	606	378	1456	185 / 40	655	378	1515
39													140 / 60	589	289	1265	185 / 40	671	382	1542
40													140 / 60	603	292	1289	185 / 50	686	386	1570
41													140 / 60	620	297	1318	185 / 50	705	392	1604
42																	185 / 50	721	396	1632
43																	185 / 50	750	400	1675
44																	185 / 60	766	404	1703
45																	185 / 60	782	408	1730
46																	140 / 60	700	312	1446
47																	140 / 60	714	315	1469
48																	140 / 60	728	318	1493
49																	140 / 60	742	322	1516
50																	140 / 70	756	325	1540

Note : Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter :  
200mm for CIP Slab, 70mm concrete deck slab and 50mm asphaltic layer

GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - VOIDED SLAB

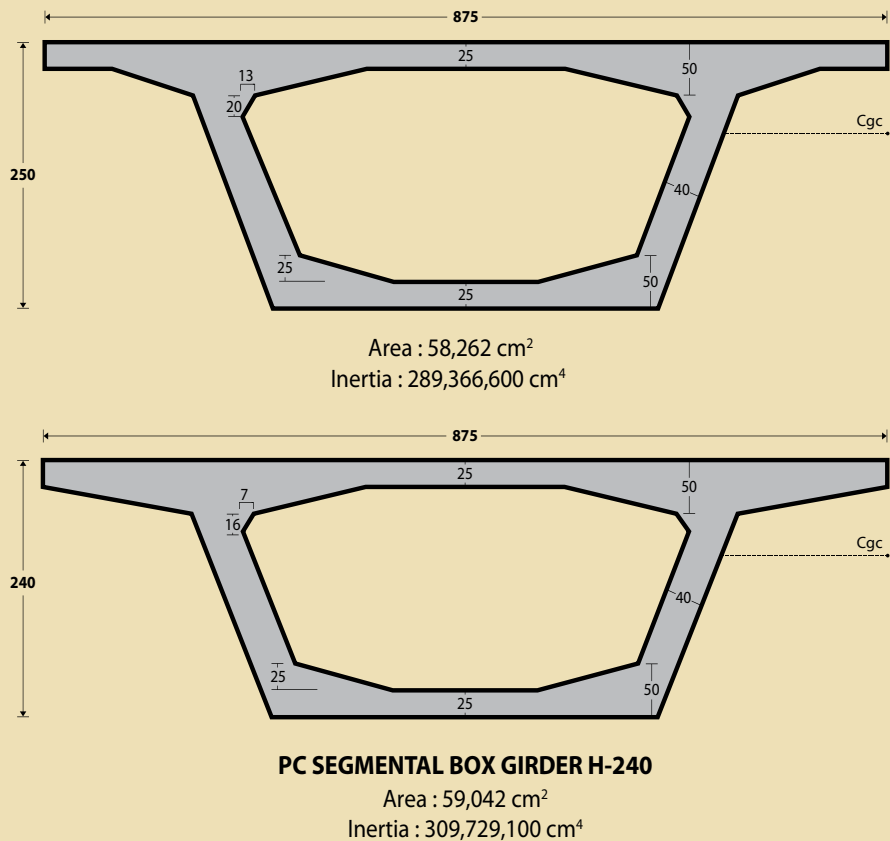


PRETENSION VOIDED SLAB SPECIFICATION

Span (m)	PC VS 57/97				PC VS 62/97				PC VS 66/97				PC VS 74/97			
	Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)	
	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult
6	97 / 50	41	195	401	97 / 50	42	195	402	97 / 50	45	195	406	97 / 50	48	195	409
7	97 / 50	47	209	433	97 / 50	48	209	434	97 / 50	52	209	439	97 / 50	55	209	442
8	97 / 50	53	219	459	97 / 50	54	219	461	97 / 50	58	219	466	97 / 50	62	219	470
9	97 / 50	59	228	481	97 / 50	60	228	483	97 / 50	65	228	488	97 / 50	69	228	493
10	97 / 50	65	237	506	97 / 50	66	237	508	97 / 50	71	237	514	97 / 50	76	237	519
11	97 / 50	71	245	528	97 / 50	73	245	529	97 / 50	78	245	536	97 / 50	83	245	542
12					97 / 50	79	252	549	97 / 50	85	252	556	97 / 50	90	252	562
13									97 / 50	91	258	574	97 / 50	97	258	581
14													97 / 50	104	262	599
15													97 / 50	111	267	615
16													97 / 50	118	270	630

Note : Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter only 50mm asphaltic layer without over topping CIP Slab

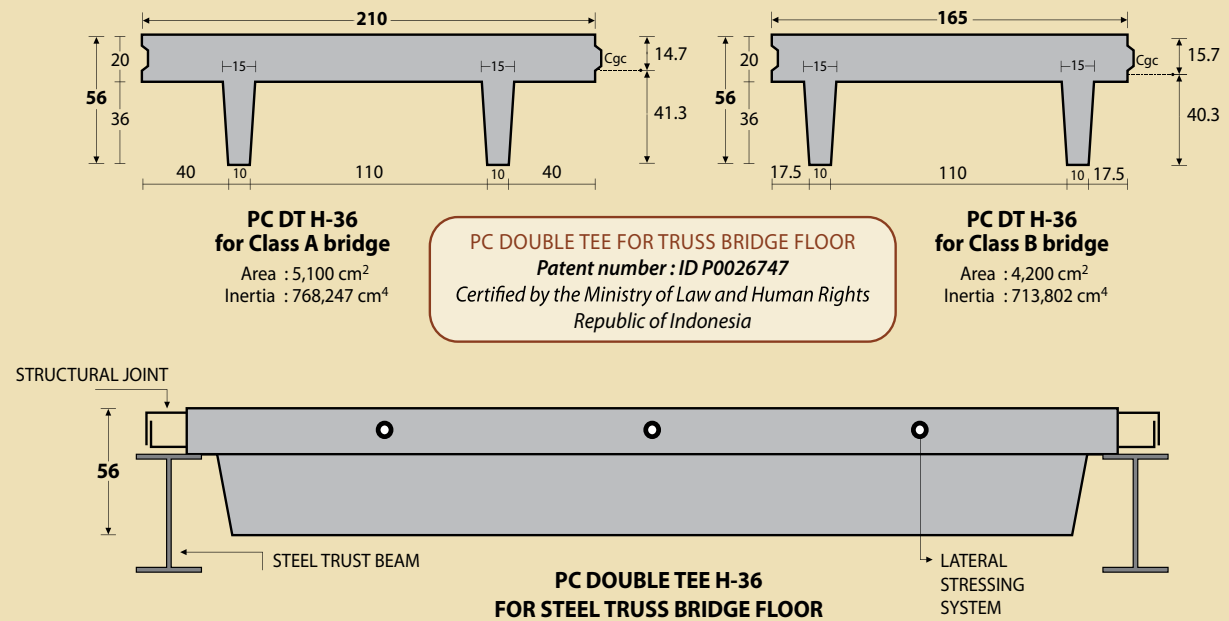
SEGMENT SHAPE & DIMENSION | PC - BOX GIRDER



PC BOX GIRDER SPECIFICATION

TYPE	SEGMENT LENGTH	NO. LANE	CASTING METHOD	LAUNCHING METHOD
PC BOX GIRDER H-250	2.4 to 3.0 m	2 traffic lane with 7 meter width	Short Line Method	Balanced Cantilever or Span by Span
PC BOX GIRDER H-240	2.4 to 2.7 m			

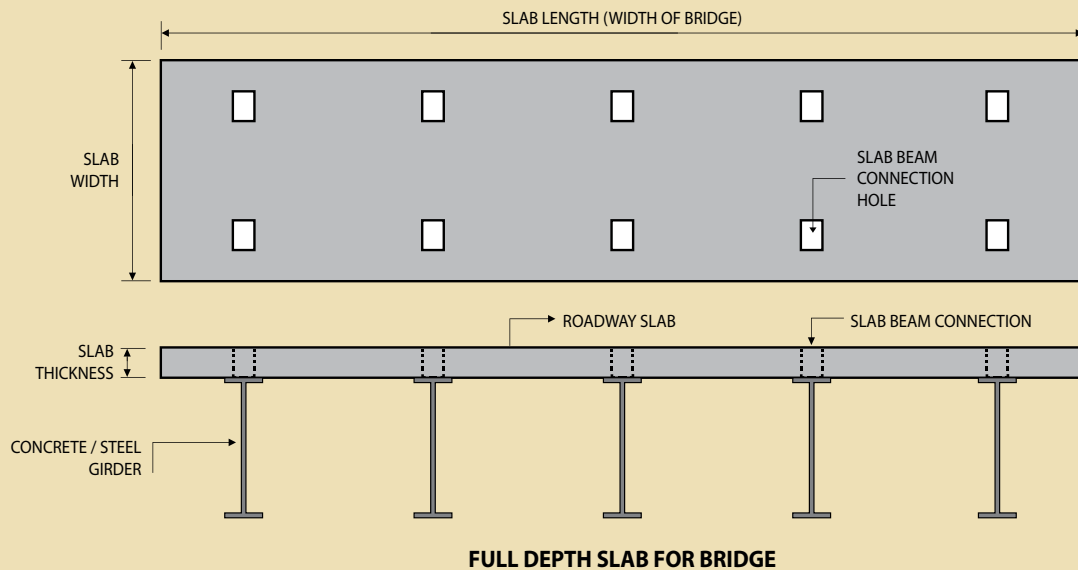
## SLAB SHAPE & DIMENSION | PC DOUBLE TEE FOR TRUSS BRIDGE FLOOR



Note :

CLASS A : 7 (seven) meter width of trafic lane with additional 1 (one) meter kerb in each side of bridge  
CLASS B : 6 (six) meter width of trafic lane with additional 0.5 (half) meter kerb in each side of bridge

## SLAB SHAPE & SPECIFICATION | FULL DEPTH SLAB FOR CONCRETE/STEEL BRIDGE FLOOR



## PRODUCT APPLICATION



PC-I or PC U Girder for Bridges



Box Girder Bridges



Double Tee Slab for Bridge Floor



Full Depth Slab for Bridge Floor



# PC SHEET PILES

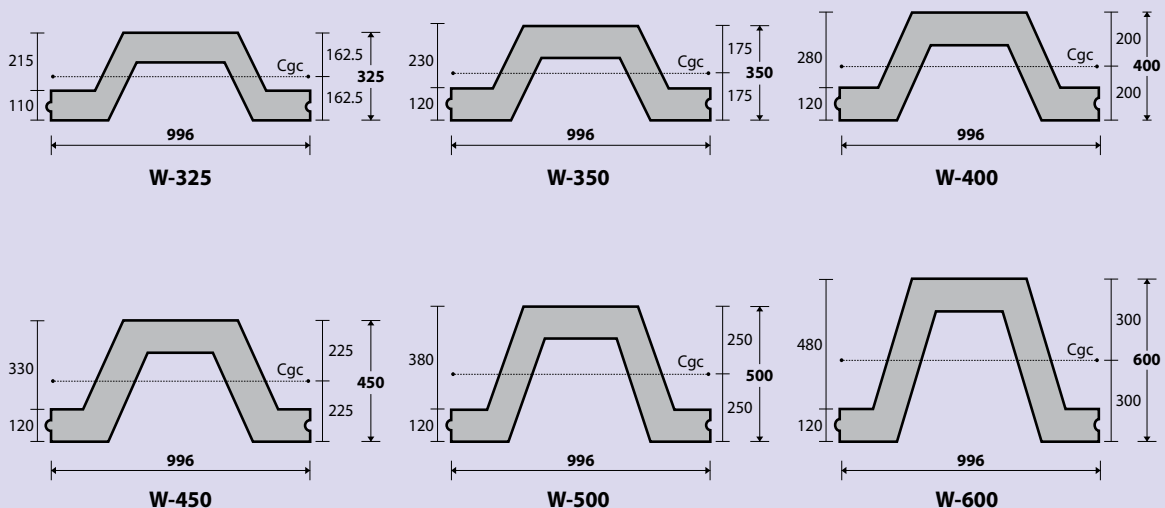
## DESCRIPTION

Type of Sheet Piles	CPC Sheet Piles : Corrugated Prestressed Concrete Sheet Piles FPC Sheet Piles : Flat Prestressed Concrete Sheet Piles FRC Sheet Piles : Flat Reinforced Concrete Sheet Piles
Method of Installation	Dynamic Pile Driving : 1. Vibro Hammer (corrugated type) + Water Jet (special requirement) 2. Diesel Hammer (flat type)

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 SNI 2847 - 2013	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 WB - PRD - PS - 16	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Production Manufacturing Procedure

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | CORRUGATED PRESTRESSED CONCRETE SHEET PILES



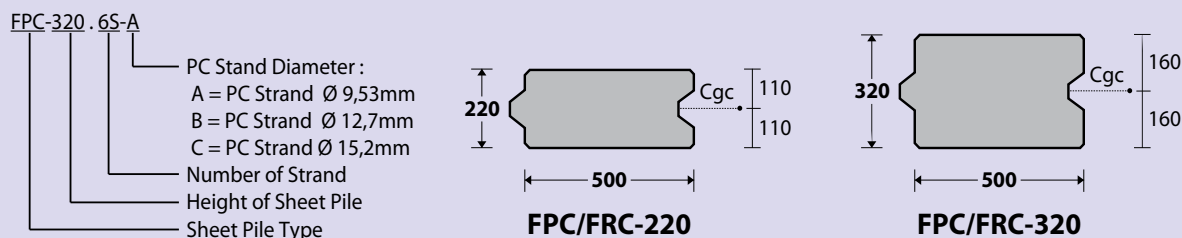
## CPC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 62 \text{ MPa}$  (Cube 700 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment (ton.m) Crack	Moment (ton.m) Break	Allow. Service Moment (ton.m) Temporary	Allow. Service Moment (ton.m) Permanent	Length* (m)
W-325	996	1,315	134,264	329	A	11.40	22.80	10.07	6.74	8 - 15
					B	13.30	26.60	11.97	8.64	8 - 16
W-350	996	1,468	169,432	368	A	15.60	31.20	14.04	10.14	9 - 17
					B	17.00	34.00	15.44	11.54	10 - 18
W-400	996	1,598	248,691	400	A	20.10	40.20	18.10	13.08	10 - 18
					B	23.40	46.80	21.40	16.38	11 - 20
W-450	996	1,835	353,363	459	A	26.90	53.80	24.37	18.04	11 - 20
					B	30.70	61.40	28.17	21.84	12 - 21
W-500	996	1,818	462,373	455	A	35.20	70.40	32.22	24.76	12 - 22
					B	40.40	80.80	37.42	29.96	13 - 24
W-600	996	2,078	765,907	520	A	50.60	101.20	46.48	36.19	14 - 25
					B	59.60	119.20	55.48	45.19	15 - 27

Note : \* Length of Concrete Corrugated Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | FLAT CONCRETE SHEET PILES



### FRC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength (Class A)  $f_c' = 28 \text{ MPa}$  (Cube 350 kg/cm<sup>2</sup>)  
Concrete Compressive Strength (Class B)  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m/0.5m)	Moment (ton.m/0.5m) Capacity	Moment (ton.m/0.5m) Breaking	Length * (m)
FRC-220	500	1,085	43,802	271	A	1.50	3.20	4.00	4 - 7
					B	1.84	4.70	5.88	4 - 7
FRC-320	500	1,585	135,455	396	A	3.20	5.01	6.26	4 - 8
					B	3.92	7.41	9.26	4 - 9

### FPC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m/0.5m)	Service Moment (ton.m/0.5m)		Length * (m)
							Temporary	Permanent	
FPC-220	500	1,085	43,802	271	6S-A	3.38	2.85	1.54	4 - 9
					8S-A	3.85	3.32	2.01	4 - 10
					10S-A	4.30	3.77	2.46	4 - 10
					6S-B	4.48	3.95	2.64	4 - 11
					8S-B	5.22	4.69	3.38	4 - 11
					6S-C	5.39	4.86	3.55	4 - 12
					10S-B	5.89	5.36	4.05	4 - 12
					8S-C	6.31	5.78	4.47	4 - 13
FPC-320	500	1,585	135,455	396	6S-A	6.24	5.12	2.32	4 - 10
					8S-A	6.98	5.86	3.06	4 - 11
					10S-A	7.70	6.58	3.78	4 - 12
					6S-B	7.98	6.86	4.06	4 - 12
					12S-A	8.39	7.27	4.47	4 - 12
					14S-A	9.07	7.95	5.15	4 - 12
					8S-B	9.21	8.09	5.29	4 - 13
					6S-C	9.51	8.39	5.59	4 - 13
					16S-A	9.73	8.61	5.81	4 - 13
					10S-B	10.37	9.25	6.45	4 - 13
					8S-C	11.12	10.00	7.20	4 - 14
					12S-B	11.48	10.36	7.56	4 - 14
					14S-B	12.53	11.41	8.61	4 - 15
					10S-C	12.62	11.50	8.70	4 - 15
					16S-B	13.52	12.40	9.60	4 - 15

Note : \* Length of Flat Prestressed Concrete Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

### PRODUCT APPLICATION



Retaining Wall



River Normalization



Underpass Wall



Breakwater Structure

# CONCRETE PIPES

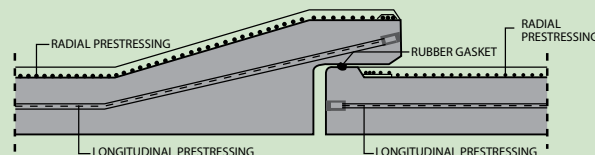
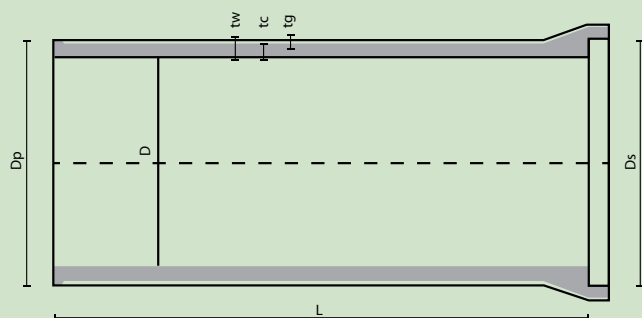
## DESCRIPTION

Type of Pipes	:	PC Pipes ( Prestressed Concrete Pipes (Core Type) ) RC Pipes ( Reinforced Concrete Pipes )
System of Joints	:	Socket joint with rubber rings

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	JIS A 5332 - 1980 JIS A 5333 - 1983 SNI 2847 - 2013 EN 642-1994	Rolled Reinforced Concrete Pipes Core Type Prestressed Concrete Pipes Indonesian Standard Code for Concrete Prestressed Concrete Pressure Pipes
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PIPES



- A concrete core pipe which is longitudinally prestressed with pretensioned high tensile steel wire embedded in the concrete.
- Circumferential prestressing with high tensile steel wire wound around the outside of the core in one or more layers at a predetermined stress and fastened securely at its ends.
- A coating of concrete or mortar, covering and protecting the wire.
- A self centering joint which is watertight under all conditions of service.

## PC PIPES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength of Core  $f_c'$  50 MPa  
Concrete Compressive Strength of Cover Coating  $f_c'$  35 MPa

Nominal Diameter (mm)	Effective Length (mm) (L)	Thickness of Pipes (mm)			Diameter (mm)		Theoretical Weight of Pipe (kg)		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
		Core (tc)	Coating (tg)	Total (tw)	Outer (OD)	Inner (ID)			Strength to Internal Pressure test (kg/cm²) **				
							18	14	10	6	4		
							Strength to External Pressure test (kg/cm²) ***						
600	5000/6000	44	25	69	738	600	1950	2313	11000	9500	7800	6100	5200
700	5000/6000	46	25	71	842	700	2300	2730	11300	9600	7900	6100	5200
800	5000/6000	50	25	75	950	800	2800	3315	12000	10200	8400	6400	5500
900	5000/6000	55	25	80	1060	900	3500	4116	13000	11000	8800	6700	5600
1000	5000/6000	60	25	85	1170	1000	4000	4724	13800	11700	9400	7300	6100
1100	5000/6000	65	25	90	1280	1100	4650	5491	14400	12100	10000	7600	6100
1200	5000/6000	70	25	95	1390	1200	5550	6516	15100	12800	10500	8100	6900
1350	5000/6000	75	25	100	1550	1350	6600	7739	15700	13300	10800	8200	6900
1500	5000/6000	85	25	110	1720	1500	8400	9791	16900	14300	11800	9000	7500
1500 *	5000/6000	95	25	120	1740	1500	9253	10780	16900	14300	11800	9000	7500
1650	5000/6000	95	25	120	1890	1650	9650	11177	18000	15500	12700	9700	8000
1800	5000/6000	100	25	125	2050	1800	11200	12795	19000	16100	12900	9800	8200
2000	5000/6000	110	25	135	2270	2000	13650	15384	20000	16500	13700	10300	8500

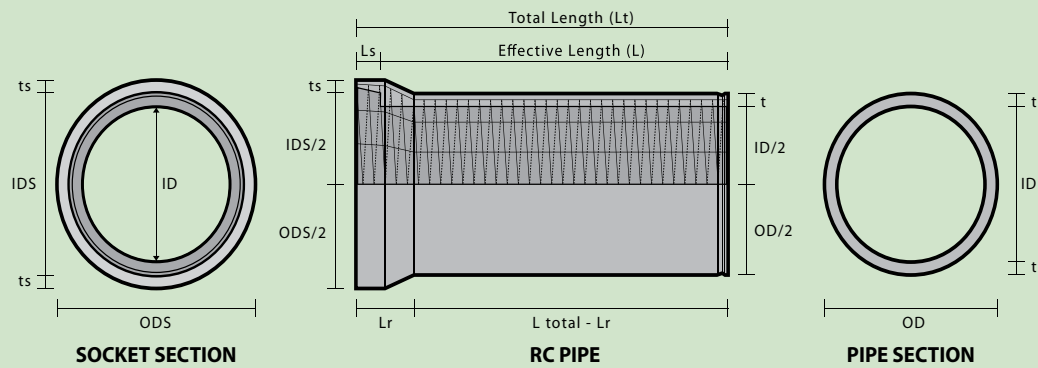
Note: \*) Additional standard dimension based on Bili-Bili Project

\*\*) Pipes shall no crack larger than 0.05mm in width on the pipes bodies under the test of external pressure given in table above

\*\*\*) The Strength to Internal Pressure test of pipes shall be enough to withstand the pressure above

- Additional standard dimension of the pc pipes can be changed to accomodate internal pressure test until 25 bar as project needed.
- Wika Beton can produce pc pipes with nominal diameter until 2500 mm.

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | REINFORCED CONCRETE PIPES



RC PIPES DIMENSION

Unit in millimeter

Nominal Diameter (mm)	Effective Length (L)	Total Length (Lt)	Pipe Dimension			Socket Dimension				
			Inner (ID)	Outer (OD)	Thickness (t)	Inner (IDS)	Outer (ODS)	Thickness (ts)	Depth (Ls)	Length (Lr)
600	2430	2530	600	700	50	704	804	50	100	235
700	2430	2535	700	816	58	820	936	58	105	255
800	2430	2540	800	932	66	936	1068	66	110	280
900	2430	2545	900	1050	75	1054	1204	75	115	310
1000	2430	2550	1000	1164	82	1168	1332	82	120	330
1100	2430	2555	1100	1276	88	1282	1458	88	125	350
1200	2430	2560	1200	1390	95	1396	1586	95	130	375
1350	2430	2565	1350	1556	103	1562	1768	103	135	400
1500	2430	2570	1500	1724	112	1730	1954	112	140	430

RC PIPES SPECIFICATION

Nominal Diameter (mm)	Weight (kg)	Class 1 / fc'30MPa		Class 2 / fc'50MPa		Class 2K* / fc'30MPa		Class 4K* / fc'50MPa		Class 6K* / fc'50MPa	
		Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)
600	673	2000	3600	3700	7400	2600	5200	3200	6400	3700	7400
700	915	2200	4300	4100	8200	2900	5800	3500	7000	4100	8200
800	1199	2400	4900	4500	9000	3200	6400	3800	7600	4500	9000
900	1549	2600	5500	4800	9600	3400	7100	4800	9600	-	-
1000	1891	2800	6100	5200	10400	3600	7600	5200	10400	-	-
1100	2244	2900	6700	5400	10800	3800	8400	5400	10800	-	-
1200	2660	3000	7300	5600	11200	4000	8800	5600	11200	-	-
1350	3257	3200	8300	6000	12000	4200	9700	6000	12000	-	-
1500	3961	3400	9300	6400	12800	4500	10400	6400	12800	-	-

Note : \*) The Strength to Internal Pressure test of pipes shall be enough to withstand the hydrostatic pressure as follow : 2K= 0.2MPa; 4K=0.4MPa; 6K=0.6MPa.  
\*\*) The cracking load means the load at which a crack of 0.05mm width takes place in the pipe body  
\*\*\*) The breaking load means the maximum load show by the tasting machine

PRODUCT APPLICATION



Water Supply Distribution



Flood Control System



Irrigation Water System



Waste Water System



# RC BOX CULVERT & U-DITCH

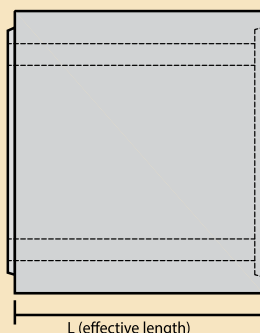
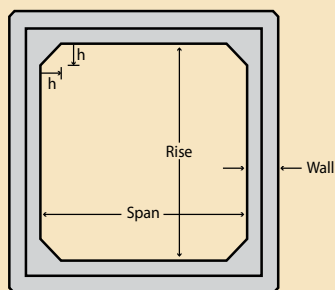
## DESCRIPTION

Type of Ditch : Reinforced Concrete Box Culvert  
System of Joints : Spigot Joint

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design : SNI 2847 - 2013 (Indonesian Standard Code for Concrete)  
AASHTO-LRFD (Design Code for Box Culverts)  
Manufacturing : SNI 03 - 2847 - 2002 (Indonesian Standard Code for Concrete)

## BOX CULVERT | PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION



### PRODUCT IDENTIFICATION

**BC-A. 1000.1600.1200**

Effective Length  
Rise  
Span  
Load Class  
Product Type

## DIMENSION SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 35 \text{ MPa}$

Type Box Culvert	Dimension (mm)					Weight (kg/pcs)
	Span	Rise	Length	Wall	(h)	
BC.800.800.1200	800	800	1200	115	70	1.292
BC.800.1000.1200	800	1000	1200	115	70	1.430
BC.800.1200.1200	800	1200	1200	115	70	1.568
BC.1000.1000.1200	1000	1000	1200	120	100	1.673
BC.1000.1200.1200	1000	1200	1200	120	100	1.817
BC.1000.1400.1200	1000	1400	1200	120	100	1.961
BC.1000.1500.1200	1000	1500	1200	120	100	2.033
BC.1200.1200.1200	1200	1200	1200	135	100	2.223
BC.1200.1400.1200	1200	1400	1200	135	100	2.385
BC.1200.1600.1200	1200	1600	1200	135	100	2.547
BC.1400.1400.1200	1400	1400	1200	150	150	2.925
BC.1400.1600.1200	1400	1600	1200	150	150	3.105
BC.1400.1800.1200	1400	1800	1200	150	150	3.285
BC.1500.1000.1200	1500	1000	1200	160	150	2.842
BC.1500.1500.1200	1500	1500	1200	160	150	3.322
BC.1500.2000.1200	1500	2000	1200	160	150	3.802
BC.2000.1500.1200	2000	1500	1200	250	200	6.240
BC.2000.2000.1500	2000	2000	1200	250	200	6.990
BC.2000.2500.1200	2000	2500	1200	250	200	7.740
BC.2500.2000.1200	2500	2000	1200	300	200	9.420
BC.2500.2500.1200	2500	2500	1200	300	200	10.320
BC.2500.3000.1200	2500	3000	1200	300	200	11.220
BC.3000.2000.1200	3000	2000	1200	300	250	10.455
BC.3000.2500.1200	3000	2500	1200	300	250	11.355
BC.3000.3000.1200	3000	3000	1200	300	250	12.255
BC.3000.3500.1200	3000	3500	1200	300	250	13.155

## LOAD CLASSIFICATION

Class	Load Type	Loading
A	Pedestrian Load	$qLL = 500 \text{ kg/m}^2$ or $PL = 2 \text{ Ton}$
B	Light Duty Truck	MST - 8 Ton
C	Heavy Duty Truck	MST - 10 Ton

Note: MST = Muatan Sumbu Terberat (Heaviest Axle Load Vehicle)

## PRODUCT APPLICATION



Product Delivery



Box Culvert Installation

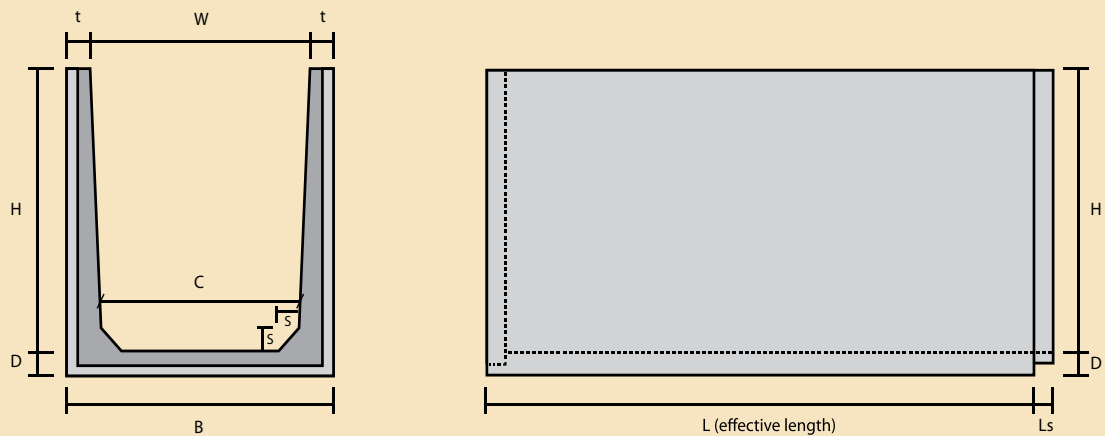


Highway Crossing Drainage



Pedestrian Crossing Underpass

## U-DITCH | PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION



Concrete Compressive Strength  $f_c' = 28 \text{ MPa}$

Type	Eff. Length ( L ) (mm)	Dimension (mm)								Weight (kg/pcs)	
		(W)	(H)	(B)	(C)	(D)	(t)	(s)	(Ls)	L=1200	L=2400
300 x 200	1200 / 2400	300	200	390	294	60	45	40	40	131	262
300 x 300	1200 / 2400	300	300	390	294	60	45	40	40	159	318
300 x 400	1200 / 2400	300	400	390	294	60	45	40	40	187	374
300 x 500	1200 / 2400	300	500	390	294	60	45	40	40	215	430
400 x 300	1200 / 2400	397	300	500	390	70	52	70	70	216	432
400 x 400	1200 / 2400	400	400	500	390	70	50	70	70	247	494
400 x 500	1200 / 2400	400	500	500	390	70	50	70	70	278	556
400 x 600	1200 / 2400	400	600	500	390	70	50	70	70	310	620
500 x 300	1200 / 2400	494	300	640	488	70	73	70	70	284	568
500 x 400	1200 / 2400	497	400	640	488	70	72	70	70	327	654
500 x 500	1200 / 2400	500	500	640	488	70	70	70	70	369	738
500 x 600	1200 / 2400	500	600	640	488	70	70	70	70	413	826
500 x 700	1200 / 2400	500	700	640	488	70	70	70	70	457	914
600 x 400	1200 / 2400	594	400	740	584	70	73	70	70	352	704
600 x 500	1200 / 2400	597	500	740	584	70	72	70	70	396	792
600 x 600	1200 / 2400	600	600	740	584	70	70	70	70	438	876
600 x 700	1200 / 2400	600	700	740	584	70	70	70	70	483	966
600 x 800	1200 / 2400	600	800	740	584	70	70	70	70	527	1054
800 x 600	1200 / 2400	795	600	940	780	70	73	70	70	488	976
800 x 700	1200 / 2400	797	700	940	780	70	72	70	70	532	1064
800 x 800	1200 / 2400	800	800	940	780	70	70	70	70	574	1148
800 x 1000	1200 / 2400	800	1000	940	780	70	70	70	70	664	1328
800 x 1200	1200 / 2400	800	1200	940	780	70	70	70	70	754	1508
1000 x 800	1200 / 2400	978	800	1180	900	100	101	100	100	974	1948
1000 x 1000	1200 / 2400	1000	1000	1180	900	100	90	100	100	1089	2178
1000 x 1200	1200 / 2400	1000	1200	1180	900	100	90	100	100	1227	2454
1000 x 1400	1200 / 2400	1000	1400	1180	900	100	90	100	100	1365	2730
1200 x 1000	1200 / 2400	1178	1000	1390	1080	105	106	100	100	1266	2532
1200 x 1200	1200 / 2400	1200	1200	1390	1080	105	95	100	100	1386	2772
1200 x 1400	1200 / 2400	1200	1400	1390	1080	105	95	100	100	1536	3072
1200 x 1600	1200 / 2400	1200	1600	1390	1080	105	95	100	100	1686	3372
1400 x 1200	1200 / 2400	1378	1200	1620	1260	150	121	120	120	1877	3754
1400 x 1400	1200 / 2400	1400	1400	1620	1260	150	110	120	120	2015	4030
1400 x 1600	1200 / 2400	1422	1600	1620	1260	150	99	120	120	2141	4282
1400 x 1800	1200 / 2400	1444	1800	1620	1260	150	88	120	120	2253	4506
1600 x 1400	1200 / 2400	1576	1400	1840	1440	170	132	150	150	2431	4862
1600 x 1600	1200 / 2400	1600	1600	1840	1440	170	120	150	150	2578	5156
1600 x 1800	1200 / 2400	1620	1800	1840	1440	170	110	150	150	2720	5440
1600 x 2000	1200 / 2400	1642	2000	1840	1440	170	99	150	150	2845	5690

# MARINE CONCRETE PRODUCT

## DESCRIPTION

Type of Marine Product

A - Jack ( Concrete Armor unit on Breakwaters )  
Tetrapod ( Concrete Armor unit on Breakwaters )  
Precast Harbour

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design

SNI 2847 - 2013

Manufacturing

WB - PRD - PS -16

## PRODUCT APPLICATION



HARBOUR / JETTY STRUCTURE



TRESTLE STRUCTURE



CONCRETE ARMOR

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | A-JACK CONCRETE ARMOR UNIT



Armor Type	Weight ( ton )	Width ( mm )	Concrete Compressive Strength
A-Jack 1.3t	1,3	2000	fc' = 28 MPa ( Cube 350 kg/cm <sup>2</sup> )
A-Jack 4.0t	4,0	3050	
A-Jack 10t	10,0	3050	

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | TETRAPOD CONCRETE ARMOR UNIT



Armor Type	Weight ( ton )	Width ( mm )	Concrete Compressive Strength
Tetrapod 0.5t	0,5	900	fc' = 28 MPa ( Cube 350 kg/cm <sup>2</sup> )
Tetrapod 1.0t	1,0	1130	
Tetrapod 2.0t	2,0	1420	
Tetrapod 4.5t	4,5	1870	
Tetrapod 6.0t	6,0	2050	



## PRECAST HARBOUR | PROJECT REFERENCE

### | Port of Malahayati



PRECAST PILE CAP



PRECAST FENDER



PRECAST HALF SLAB

A new 10,000 DWT Malahayati Harbour Project is a part of government project for rehabilitate and reconstruction facilities in Nanggroe Aceh Darussalam Province after tsunami disaster in 2004.

The harbour uses a precast components for pile cap, beam and half slab to ensure the quality of material and fast construction method. Precision of precast concrete is the main for success of this project.

### | Port of Sabang



PRECAST PILE CAP



PRECAST U-BEAM



PRECAST SLAB

A new Sabang Bay Harbour which located in Nanggroe Aceh Darussalam province, is design to be a CT3 transit harbour that can also accommodate 10,000 DWT boat. The purpose of this harbour is to support development around Sabang area in coming year as a business and tourism hub. The harbour is designed with precast component for pile cap, U-shell beams and half slab to ensure the quality of material and fast construction method.

### | Trestle at Cirebon Coal Electric Power Plant 1x660MW



The 2-kilometer trestle at the Cirebon Coal Electrical Power Plant Area is use to distribute the coal consumed to drive the 660 MW power plant. The Trestle uses a 20-meter long of precast PC-I girder with high concrete compression strength rods for its upper structure.



# HOLLOW CORE SLAB

## DESCRIPTION

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	SNI 2847 - 2013 ACI 318 PCI	Indonesian Standard Code for Concrete American Concrete Institute Manual for the design of Hollow Core Slab
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure of WIKA Beton

## THE REASONS



Flexible



Tidy



Easy

## MATERIAL SPECIFICATION

PC Strand	: Uncoated 7-wire for prestressed concrete low-relaxation strand grade 270 (ASTM A416-90a)
Concrete	: C40/50 (f'c 40 MPa / Cube 500 kg/cm <sup>3</sup> ) - HCS C30/35 (f'c 30 MPa / Cube 350 kg/cm <sup>3</sup> ) - Topping

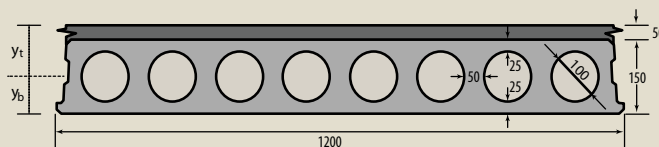
## PRODUCT IDENTIFICATION

### 150 . 8 . 5 - 09

- PC Stand Diameter :  
- 09 ( PC Strand Ø 9,53 mm )  
- 12 ( PC Strand Ø 12,7 mm )
- Number of PC Strands
- Number of HCS holes
- HCS Type

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION

### HCS 150



## Table of Superimposed load\* (kN/m<sup>2</sup>)

### HCS 150 (No Topping)

HCS Type	ØMn kN.m	ØVcw kN	Span [m]							
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
150.8.4-09	43.9	63.5	9.6	7.1	5.3	4.0	3.0			
150.8.5-09	54.0	64.3	9.8	7.9	6.3	4.8	3.7			
150.8.6-09	63.8	65.2	11.9	9.5	7.3	5.6	4.4	3.4		
150.8.7-09	73.3	66.0	13.9	10.6	8.2	6.4	5.0	4.0	3.1	
150.8.8-09	82.6	66.8	15.0	11.6	9.0	7.1	5.6	4.5	3.6	
150.8.5-12	91.5	65.7	14.8	12.1	9.8	7.8	6.2	5.0	4.0	3.2

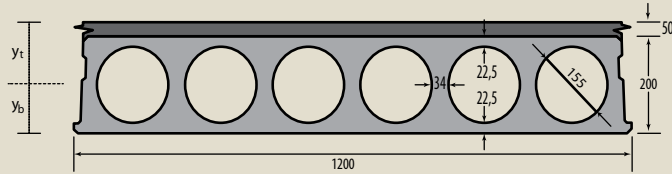
### HCS 150+50 (Topping 50mm)

HCS Type	ØMn kN.m	ØVcw kN	Span [m]							
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
150.8.4-09	57.2	85.7	12.5	9.3	6.6	4.6	3.0			
150.8.5-09	70.4	86.2	13.8	11.4	8.2	5.9	4.1			
150.8.6-09	83.2	86.7	16.7	13.2	9.7	7.1	5.1	3.6		
150.8.7-09	95.8	87.1	20.1	15.0	11.1	8.3	6.2	4.5	3.1	
150.8.8-09	108.1	87.6	20.2	16.7	12.5	9.4	7.1	5.3	3.9	
150.8.5-12	120.2	86.9	20.0	17.2	13.8	10.6	8.1	6.1	4.6	3.3

\* 1. Superimposed load is total life load and dead load (not include HCS self weight, topping concrete and concrete joint fill weight)

2. Superimposed load on left side heavy line is determine by concrete shear strenge and on the right side heavy line is limited by concrete allowable tension stress value.

## HCS 200



**Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>) HCS 200 (No Topping)**

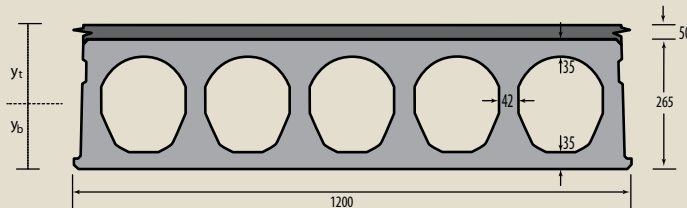
HCS Type	øMn	øVcw	Span [m]													
	kN.m	kN	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
200.6.4-09	59.1	51.8	11.6	10.1	8.1	6.4	5.1	4.1	3.2							
200.6.5-09	72.9	52.5	11.8	10.3	9.1	7.9	6.2	5.0	4.0	3.1						
200.6.6-09	86.3	53.1	12.0	10.4	9.2	8.2	7.2	5.7	4.6	3.7	3.0					
200.6.7-09	99.5	53.8	12.1	10.6	9.3	8.1	7.5	6.5	5.3	4.3	3.5					
200.6.4-12	102.2	52.7	11.8	10.3	9.1	8.1	7.3	6.6	5.4	4.4	3.6	3.0				
200.6.5-12	125.2	53.5	12.1	10.5	9.3	8.3	7.4	6.7	6.1	5.4	4.5	3.7	3.1			
200.6.6-12	146.9	54.3	12.3	10.7	9.4	8.4	7.6	6.9	6.2	5.7	5.2	4.4	3.7	3.1		
200.6.7-12	166.1	55.1	12.5	10.9	9.6	8.6	7.7	7.0	6.3	5.8	5.3	4.9	4.3	3.7	3.1	

**HCS 200 + 50 (Topping 50mm)**

HCS Type	øMn	øVcw	Span [m]													
	kN.m	kN	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
200.6.4-09	67.5	65.7	14.4	11.4	8.7	6.7	5.2	4.0	3.1							
200.6.5-09	83.7	66.2	14.5	12.6	11.0	9.5	7.2	5.4	4.0							
200.6.6-09	99.1	66.6	14.6	12.7	11.1	9.9	8.5	6.5	4.9	3.6						
200.6.7-09	114.2	67.1	14.7	12.8	11.2	9.9	8.9	7.6	5.9	4.5	3.3					
200.6.4-12	117.3	66.3	14.5	12.6	11.1	9.8	8.8	7.8	6.0	4.6	3.5					
200.6.5-12	143.7	66.9	14.7	12.7	11.2	9.9	8.9	8.0	7.2	6.0	4.7	3.6				
200.6.6-12	169.2	67.4	14.8	12.9	11.3	10.0	9.0	8.1	7.3	6.6	5.9	4.7	3.6			
200.6.7-12	193.6	68.0	14.9	13.0	11.4	10.1	9.1	8.2	7.4	6.7	6.1	5.6	4.5	3.6		



## HCS 265



**Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>)**

**HCS 265 (No Topping)**

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]													
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
265.5.6-09	122.8	79.0	18.1	15.8	13.9	12.4	11.2	9.5	7.8	6.4	5.2	4.3	3.5			
265.5.8-09	160.4	80.5	18.4	16.1	14.2	12.7	11.5	10.4	9.5	8.0	6.7	5.6	4.6	3.8	3.2	
265.5.10-09	189.6	79.1	18.1	15.8	13.9	12.5	11.2	10.2	9.2	8.5	7.7	6.5	5.5	4.6	3.8	3.2
265.5.12-09	225.3	80.9	18.5	16.2	14.3	12.8	11.5	10.5	9.5	8.7	8.0	7.4	6.5	5.6	4.7	4.0
265.5.14-09	252.4	80.5	18.4	16.1	14.2	12.7	11.5	10.4	9.5	8.7	8.0	7.4	6.8	6.2	5.4	4.6
265.5.10-12	301.5	78.2	17.8	15.6	13.8	12.3	11.1	10.0	9.1	8.4	7.7	7.1	6.6	6.1	5.6	5.3

**HCS 265 + 50 (Topping 50mm)**

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]													
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
265.5.6-09	135.0	93.8	21.0	18.3	16.1	14.4	12.9	10.1	8.2	6.7	5.3	4.1	3.0			
265.5.8-09	176.8	94.9	21.3	18.5	16.3	14.6	13.1	11.8	10.7	9.0	7.2	5.8	4.5	3.5		
265.5.10-09	209.6	93.5	20.9	18.2	16.1	14.3	12.8	11.6	10.5	9.6	8.6	7.0	5.7	4.5	3.5	
265.5.12-09	248.8	94.9	21.3	18.6	16.3	14.6	13.1	11.8	10.7	9.8	9.0	8.2	7.1	5.8	4.7	3.7
265.5.14-09	279.6	94.5	21.2	18.5	16.3	14.5	13.0	11.7	10.6	9.7	8.9	8.2	7.5	6.7	5.5	4.5
265.5.10-12	339.6	92.6	20.7	18.0	15.9	14.1	12.7	11.4	10.4	9.5	8.7	8.0	7.3	6.8	6.3	5.8

# HCS 320

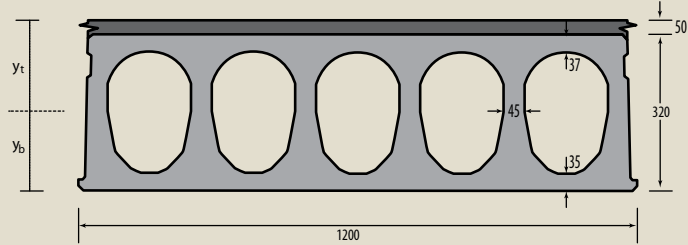


Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>)

HCS 320 (No Topping)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
320.5. 6 - 09	155.1	103.2	23.9	21.0	18.6	16.6	15.0	12.6	10.5	8.7	7.3	6.1	5.1	4.2	3.4					
320.5. 8 - 09	204.6	104.9	24.4	21.3	18.9	16.9	15.3	13.9	12.7	11.0	9.3	7.8	6.6	5.5	4.6	3.9	3.2			
320.5.10 - 09	244.1	103.6	24.0	21.0	18.6	16.7	15.0	13.7	12.5	11.5	10.6	9.1	7.7	6.5	5.5	4.7	4.0	3.3		
320.5.12 - 09	282.8	103.1	23.9	20.9	18.6	16.6	15.0	13.6	12.4	11.4	10.5	9.7	8.8	7.5	6.5	5.5	4.7	4.0	3.4	
320.5.10 - 12	345.5	98.2	22.6	19.8	17.5	15.7	14.1	12.8	11.7	10.7	9.9	9.1	8.5	7.9	7.3	6.6	5.7	4.9	4.2	3.6
320.5.12 - 12	407.0	100.0	23.1	20.2	17.9	16.0	14.4	13.1	12.0	11.0	10.1	9.3	8.7	8.1	7.5	7.0	6.6	6.1	5.5	4.8

HCS 320 + 50 (Topping 50mm)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
320.5. 6 - 09	164.8	118.9	27.1	23.7	21.0	18.7	15.5	12.7	10.4	8.6	7.1	5.8	4.8	3.8						
320.5. 8 - 09	217.7	120.1	27.4	24.0	21.2	18.9	17.0	15.4	14.1	12.5	10.3	8.4	6.8	5.5	4.4	3.4				
320.5.10 - 09	260.0	118.7	27.1	23.6	20.9	18.7	16.8	15.2	13.9	12.7	11.6	10.0	8.3	6.8	5.6	4.5	3.6			
320.5.12 - 09	301.4	118.1	26.9	23.5	20.8	18.6	16.7	15.1	13.8	12.6	11.6	10.7	9.7	8.1	6.7	5.5	4.5	3.6		
320.5.10 - 12	374.1	110.9	25.0	21.8	19.3	17.2	15.4	14.0	12.7	11.6	10.6	9.8	9.0	8.4	7.8	7.0	5.8	4.8	3.9	3.1
320.5.12 - 12	451.3	112.1	25.4	22.1	19.5	17.4	15.6	14.2	12.9	11.8	10.8	9.9	9.2	8.5	7.9	7.3	6.8	6.4	5.5	4.6

# HCS 400

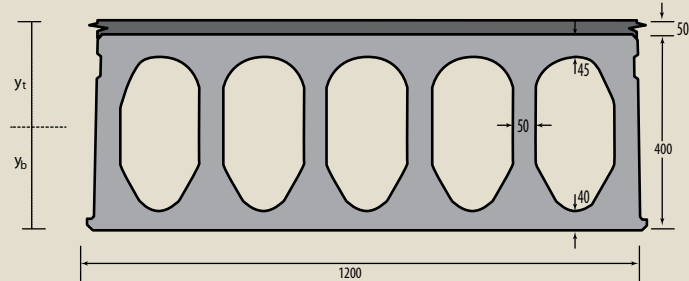


Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>)

HCS 400 (No Topping)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
400.5.10 - 09	267.8	134.5	31.3	27.4	24.3	21.8	19.7	17.9	16.3	15.0	13.8	12.0	10.3	8.9	7.6	6.6	5.7	4.9	4.2	3.6
400.5.12 - 09	329.2	136.2	31.8	27.8	24.7	22.1	20.0	18.1	16.6	15.2	14.1	13.0	12.1	11.2	10.2	8.9	7.8	6.8	6.0	5.1
400.5.14 - 09	389.4	137.9	32.2	28.2	25.0	22.4	20.3	18.4	16.8	15.5	14.3	13.2	12.3	11.4	10.7	10.0	9.4	8.4	7.3	6.4
400.5.10 - 12	459.0	137.4	32.1	28.1	24.9	22.3	20.2	18.3	16.7	15.4	14.2	13.2	12.2	11.4	10.6	9.9	9.3	8.8	8.2	7.6
400.5.12 - 12	546.5	139.6	32.6	28.6	25.4	22.7	20.5	18.7	17.1	15.7	14.5	13.4	12.5	11.6	10.9	10.2	9.5	9.0	8.4	8.0

HCS 400 + 50 (Topping 50mm)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
400.5.10 - 09	282.7	149.2	34.3	29.9	26.5	23.7	21.3	19.3	17.6	16.2	14.1	12.0	10.2	8.7	7.4	6.3	5.3	4.5	3.7	3.1
400.5.12 - 09	346.5	150.5	34.6	30.3	26.8	23.9	21.6	19.6	17.8	16.3	15.0	13.9	12.9	11.9	10.1	8.7	7.5	6.5	5.6	4.8
400.5.14 - 09	409.1	155.1	35.8	31.3	27.7	24.8	22.4	20.3	18.5	17.0	15.6	14.4	13.4	12.4	11.6	10.8	10.1	8.5	7.4	6.4
400.5.10 - 12	483.3	151.8	35.0	30.6	27.0	24.2	21.8	19.8	18.0	16.5	15.2	14.0	13.0	12.1	11.2	10.5	9.8	9.2	8.6	7.9
400.5.12 - 12	576.5	153.7	35.4	31.0	27.4	24.5	22.1	20.1	18.3	16.8	15.4	14.3	13.2	12.3	11.4	10.7	10.0	9.4	8.8	8.3

## HCS SECTION PROPERTIES

No	Description	Notation/Unit	HCS-150		HCS-200		HCS-265		HCS-320		HCS-400	
			No Topping	Topping	No Topping	Topping	No Topping	Topping	No Topping	Topping	No Topping	Topping
1	Area	A cm <sup>2</sup>	1117.5	--	1195.8	--	1624.6	--	1881.2	--	2368.0	--
2	Cgc to Bottom fiber	y <sub>b</sub> cm	7.4	10.6	9.9	13.7	13.1	17.0	15.7	19.8	19.5	23.7
3	Cgc to Top fiber	y <sub>t</sub> cm	7.6	9.4	10.1	11.3	13.4	14.5	16.3	17.2	20.5	21.3
4	Moment of Inertia	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	28,987	66,028	60,891	119,578	144,180	244,320	243,068	388,344	471,645	697,613
5	Bottom Section Modulus	Z <sub>b</sub> cm <sup>3</sup>	3,900	6,213	6,157	8,722	10,974	14,387	15,500	19,658	24,153	29,483
6	Top Section Modulus	Z <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	3,829	7,044	6,022	10,590	10,790	16,828	14,894	22,518	23,037	32,691
7	Concrete Shear Width	bw cm	34.7	34.7	21.5	21.5	23.4	23.4	24.9	24.9	28.4	28.4
8	Unit weight of HCS	w kg/m'	268.2	412.2	287.0	431.0	389.9	533.9	451.5	595.5	568.3	712.3
9	Joint fill weight	q kg/m'	13.0	13.0	17.3	17.3	22.8	22.8	27.5	27.5	34.3	34.3

## PRODUCT IMPLEMENTATION



Precast Column Installation



HCS Installation



Precast Beam Installation



HCS Installation



Application on Building



Detail Joint Installation

## PRODUCT APPLICATION



Warehouse Floors



Offices and Apartment Floors



Car Park Floors



# PC CYLINDER PILES

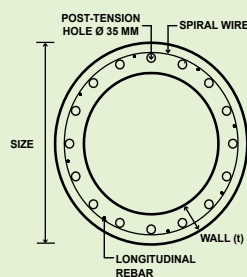
## DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Cylinder Piles
Method of Driving	Diesel Hammer or Hydraulic Hammer

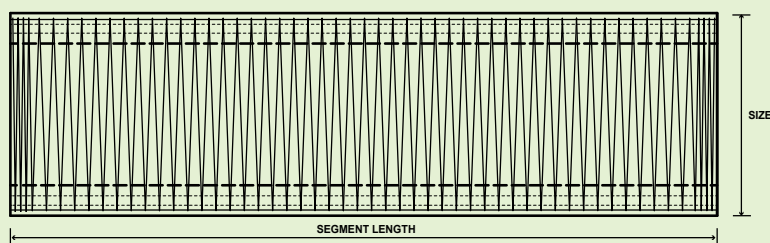
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543 SNI 2847 - 2013	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE CYLINDER PILES



PILE SECTION



PILE SEGMENT

## PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (t) (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Cylinder Pile Length (m) Single / Double*
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
800	120	2,563	1,527,869	0,64	A	40	65	410	24 / 36
					B	55	80	390	24 / 36
					C	65	120	370	30 / 42
					D	75	130	355	30 / 42
1000	140	3,782	3,589,571	0,96	A	75	110	600	24 / 36
					B	105	175	560	30 / 42
					C	120	220	550	30 / 48
					D	135	245	530	36 / 48
1200	150	4,948	6,958,136	1,24	A	120	140	800	30 / 48
					B	170	270	745	36 / 48
					C	200	310	710	36 / 54
					D	210	320	700	42 / 54
1500	170	7,103	15,962,533	1,78	A	220	265	1140	30 / 48
					B	300	440	1080	36 / 54
					C	340	520	1040	42 / 60
1800	200	10,053	32,672,563	2,51	A	370	425	1630	36 / 48
					B	470	650	1580	36 / 54
					C	520	770	1520	42 / 60
2000	200	11,309	46,369,907	2,83	A	480	535	1830	35 / 55
					B	590	790	1770	40 / 60
					C	670	965	1720	45 / 65

\*) Number of Pile Lifting Position on Handling Process for Pile Driving.

Case 1 = Single Lifting Point Position : Minimum 1/8 L from end of Pile.

Case 2 = Double Lifting Point Position : First Point Minimum 2m from end of Pile.

(using Pulley)

Second Point Minimum 1/3 L from end of Pile.

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.

## PRODUCTION, DISTRIBUTION, AND INSTALLATION PROCESS



Production Facility



Stockyard Facility



Post-tensioning



Assembled Pile



Loading Piles



Cylinder Pile Distribution



Cylinder Pile Driving



Cylinder Pile Driving

## PRODUCT APPLICATION



Sea Wall / Break Water



Bridge Pier Column



Port / Harbour Piles







# INNERBORE SYSTEM

## DESCRIPTION

High Bearing Capacity

Large Pile Diameter Installation  
(800mm - 1200mm)

Foot Protection Socket Bulb  
Construction by Hydraulic Expand  
Drill Bit  
Environmentally Friendly

High pile tip bearing capacity contribution.

Less disturbance between pile shaft friction and soil layer.

By using centrifugal casting form which give better density of concrete forming and realized the use of large diameter of precast spun pile with concrete compressive strength up to  $f_c' - 72$  Mpa.

Foot protection socket construction by expand drill bit and inject cement liquid to form pile end tip solid protection socket.

Well managed site layout, low noise and vibration, relatively clean from drilling mud (large capacity of soil hopper).

## ALLOWABLE BEARING CAPACITY OF THE GROUND

$$R_a = \frac{1}{3} \left\{ \alpha \cdot \bar{N} \cdot A_p + (\beta \cdot \bar{N}_s \cdot L_s + \gamma \cdot \bar{q}_u \cdot L_c) \psi \right\}$$

Pile Tip		$\alpha$	360
Pile Shaft Surface	General Part	$\beta_1$	1,5
		$\gamma_1$	$\gamma_1 \cdot \bar{q}_u = 15 + 0.125 \bar{q}_u$
	End Socket Part	$\beta_2$	3,5
		$\gamma_2$	$\gamma_2 \cdot \bar{q}_u = 20 + 0.400 \bar{q}_u$

$\alpha$  : Coefficient of pile tip bearing capacity

$\beta$  : Coefficient of pile shaft surface frictional force in cohesionless soil layer.

$\gamma$  : Coefficient of pile shaft surface frictional force in cohesive soil layer.

$\bar{N}$  : Average N Value of upper 1D part to lower 1D part from the pile tip elevation. However, if  $\bar{N}$  is greater than 60 then limit value to 60.

$A_p$  : Sectional area of pile tip ( $m^2$ ).

$\bar{N}_s$  : Average N Value of cohesionless soil layer where influence surface frictional force is considered. However,  $\bar{N}_s$  value must be considered between value range  $5 < \bar{N}_s \leq 60$ , if  $\bar{N}_s$  is greater than 60 then limit value to 60.

$\bar{q}_u$  : Unconfined compressive strength in cohesive soil layer where influence surface frictional force is considered. However,  $\bar{q}_u$  value can be only considered between value range  $15 < \bar{q}_u \leq 200$ , if  $\bar{q}_u$  is greater than 200 then limit value to 200. ( $kN/m^2$ )

$L_s$  : Pile length in cohesionless soil layer section, where influence surface frictional force is considered ( $m$ ). The end tip protection socket part (socket B) shouldn't be considered due to influence of end bearing stress bulb occur.

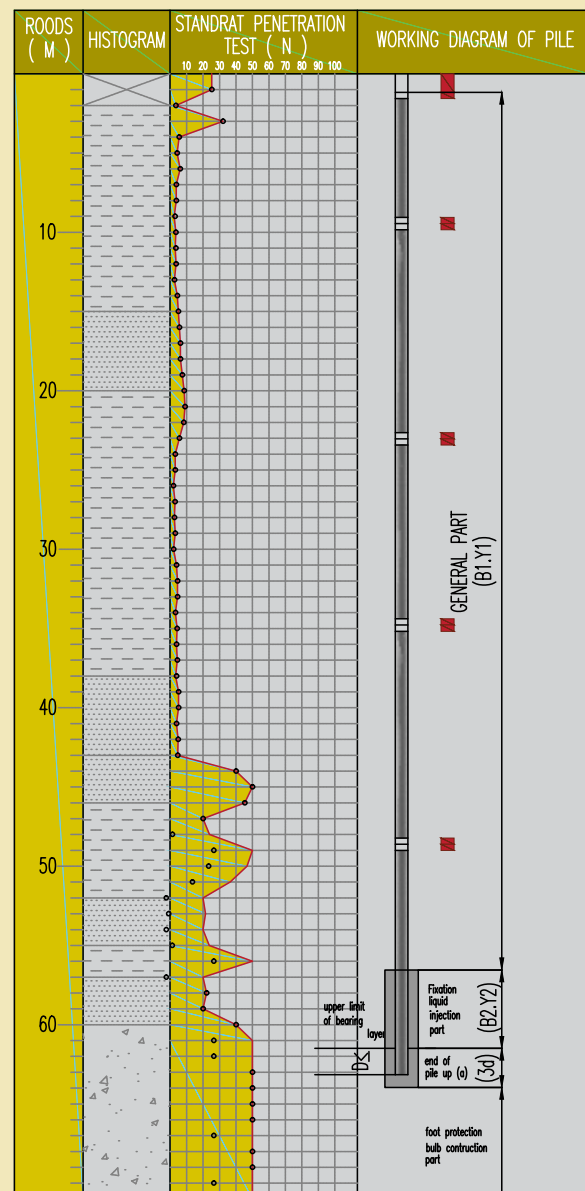
$L_c$  : Pile length in cohesive soil layer section, where influence surface frictional force is considered ( $m$ ). The end tip protection socket part (socket B) shouldn't be considered due to influence of end bearing stress bulb occur.

$\psi$  : Perimeter Length ( $m$ ) of Pile Cross Section ( $\psi = \pi \cdot D$ ).

Note :

The injection range of Cement Liquid injection socket A is from 2~6m up from the top position of the end tip protection socket part (socket B).

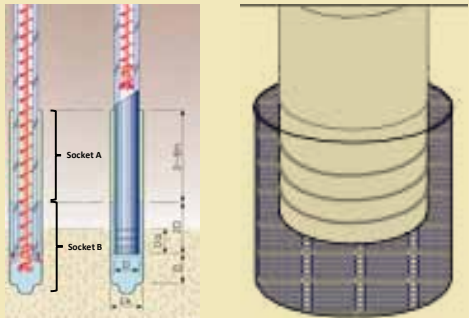
## IMAGE OF INSTALLATION OF THE PILE



INJECTION LIQUID

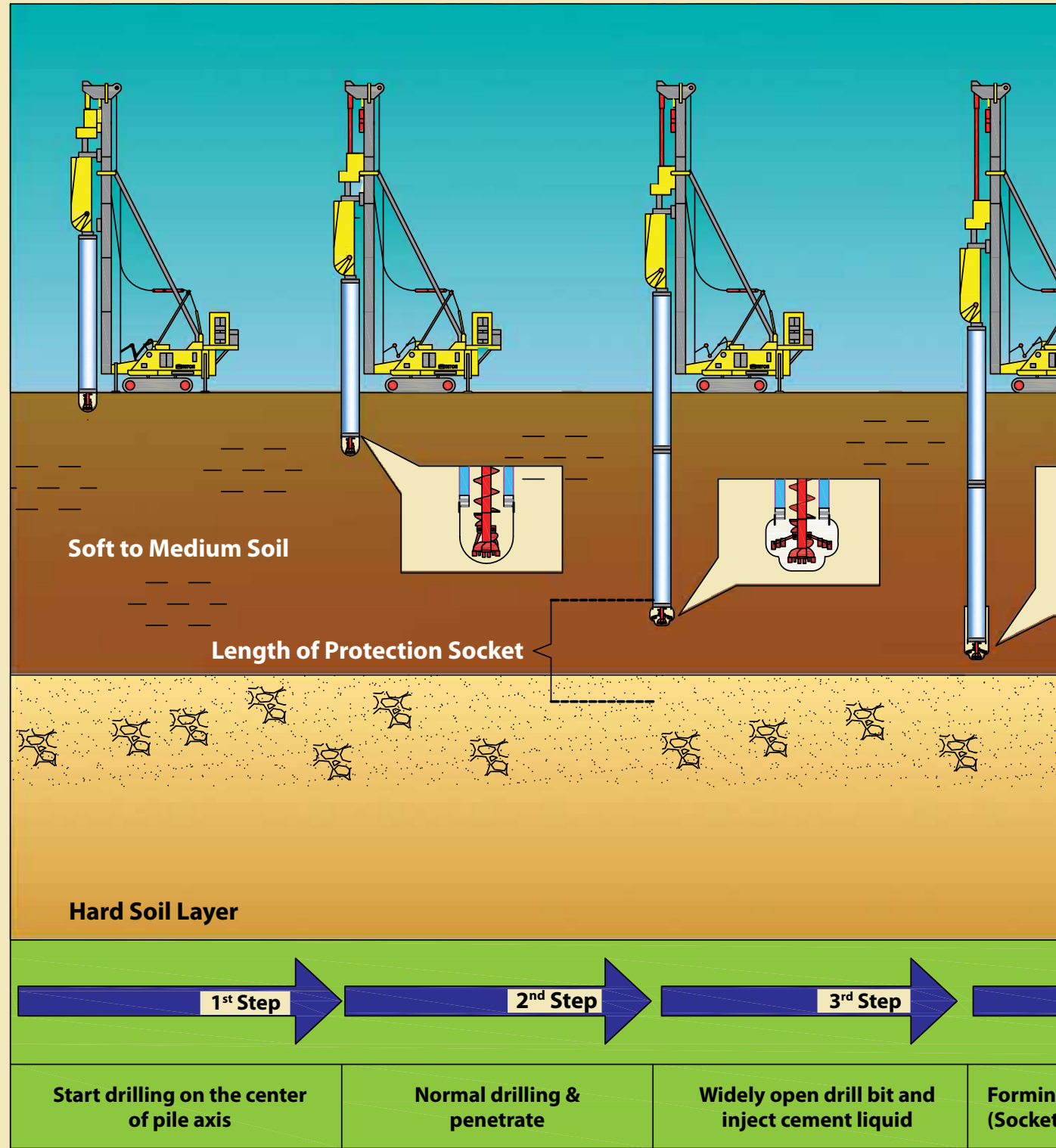
Socket Form by Cement Liquid Injection. (W/C Ratio 60~80%)

- **Socket A**  
Section that give an additional friction improvement at the edge pile shaft portion.
- **Socket B**  
Section that give bearing protection at the pile toe portion.



SOCKET DIAMETER ENLARGEMENT

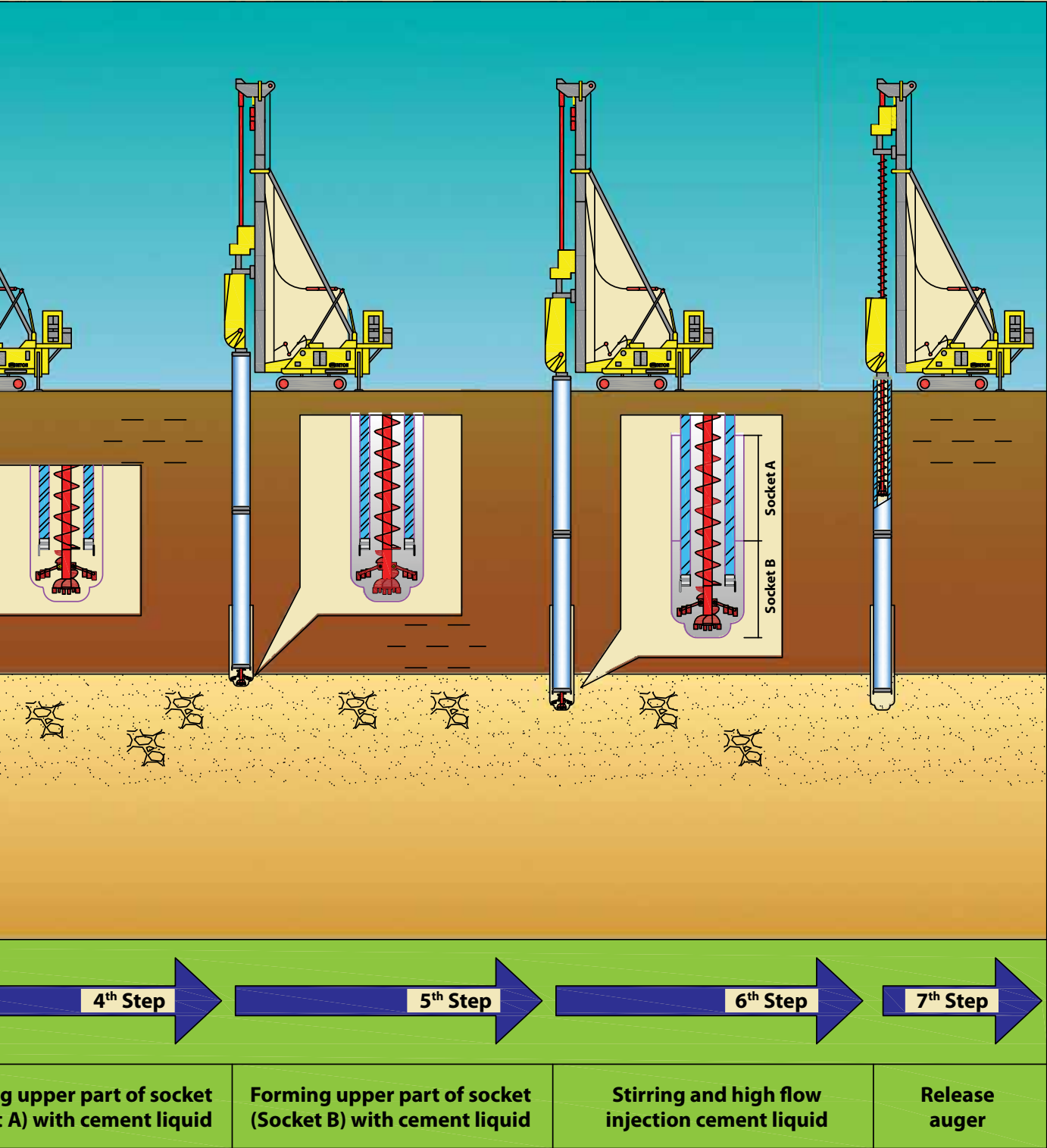
Pile Dia (D). [mm]	Φ 800	Φ 1000	Φ 1200
Enlargement Dia (Dk). [mm]	Φ 1090	Φ 1370	Φ 1640



CONSTRUCTION MACHINE

Name	Specification
Piling Machine	Hydraulic Pile Driving Rig Nippon Sharyo DH658 - 135M
Auger Motort	Earth Auger Motor Machine Nippon Sharyo D200HP - 150 kW Nippon Sharyo D240HP - 180 kW
Spiral Auger	Auger Screw 170B (500mm) Auger Screw 220B (660mm) Auger Screw 220B (800mm)
Expansion Bit	Hydraulic Expanded Bit

Name	Specification
Mortar Plant	Tomen Kenki Grout Pump Grout Mixer Cement Silo
Air Compressor	Airman Air Comp Output Cap. 10m³/min
Steel Follower	(3+2) 5m
Generator	Nippon Sharyo NES6005M-2; 600kVA; 200 V
Service Crane	Cap. 80 ~ 100 Ton
Backhoe	0,2 ~ 0,7 m3
Hopper	Soil Capacity 9m³



## HIGH STRENGTH CONCRETE PILE

### DESIGN REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 - 2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
--------	---------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

### SPUN PILE SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ Mpa}$  (Cubes 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (ft) (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		All. Comp (ton)	Decomp Tension (ton)	Length of Pile (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
800	120	2563.54	1527870	0.641	A1	40	60	415	119	6-16
					A2	46	69	406.01	151	
					A3	51	76.5	399.17	171	
					B	55	99	388.61	216	
					C	65	130	368.17	291	
1000	140	3782.48	3589571	0.946	A1	75	112.5	613.52	170	6-12
					A2	82	123	601.27	215	
					A3	93	139.5	589.66	258	
					B	105	189	575.33	311	
					C	120	240	555.23	386	
1200	150	4948.01	6958137	1.237	A1	120	180	802.8	221	6-10
					A2	130	195	794.5	252	
					A3	145	217.5	778.6	311	
					B	170	306	751.9	410	
					C	200	400	721.5	522	

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335 - 1987 (Prestress Spun Concrete Piles)

### CYLINDER PILE SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ Mpa}$  (Cubes 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (ft) (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		All. Comp (ton)	Decomp Tension (ton)	Length of Pile (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
800	120	2562.24	1527095	0.64	A	40	65	410	158	6-16
					B	55	80	390	205	
					C	65	120	370	291	
					D	75	130	355	330	
					A	75	110	600	213	
1000	140	3780.56	3587751	0.96	B	105	175	560	352	6-12
					C	120	220	550	395	
					D	135	245	530	475	
					A	120	140	800	216	
1200	150	4945.5	6954609	1.24	B	170	270	745	455	6-10
					C	200	200	710	540	
					D	210	210	700	580	



Ditches at the bottom edge of pile to ensure composite state between PC Pile and Socket forming



Hydraulic controlled expanded auger drill bit wing with injector grout line



Spun Pile Installation at Bogor Factory Stockyard

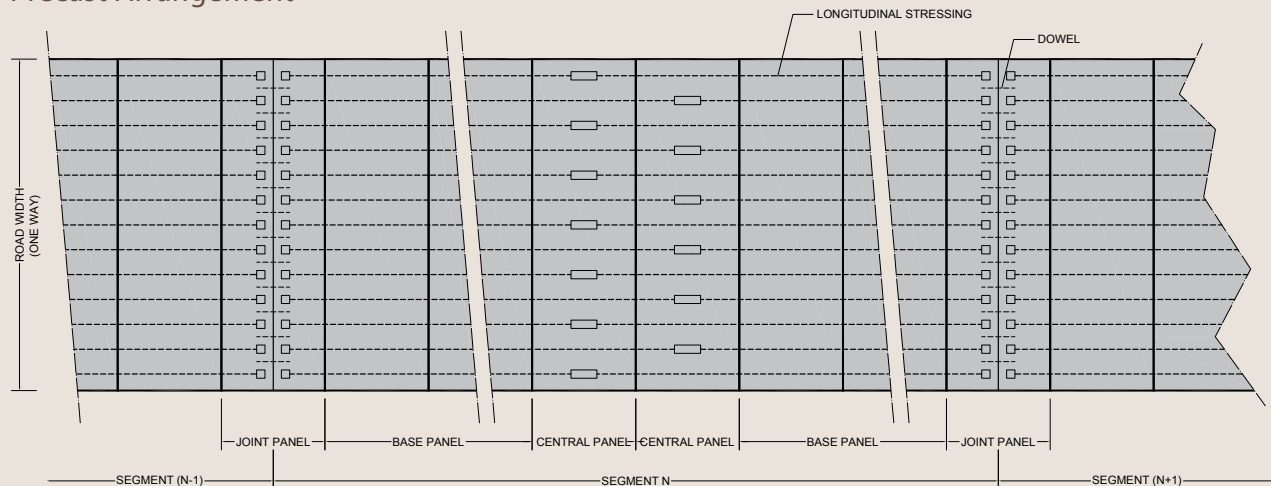


# RIGID PAVEMENT FABRICATED

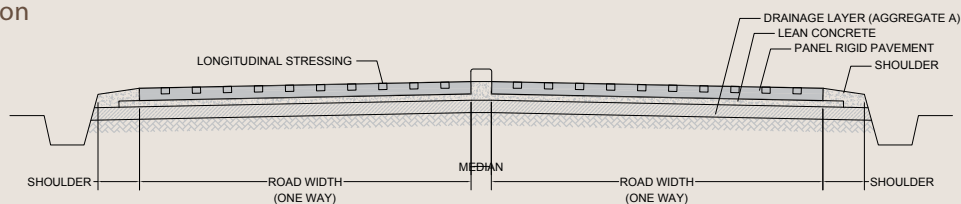
## SHAPE & SPECIFICATION

### Transversal System

#### Precast Arrangement

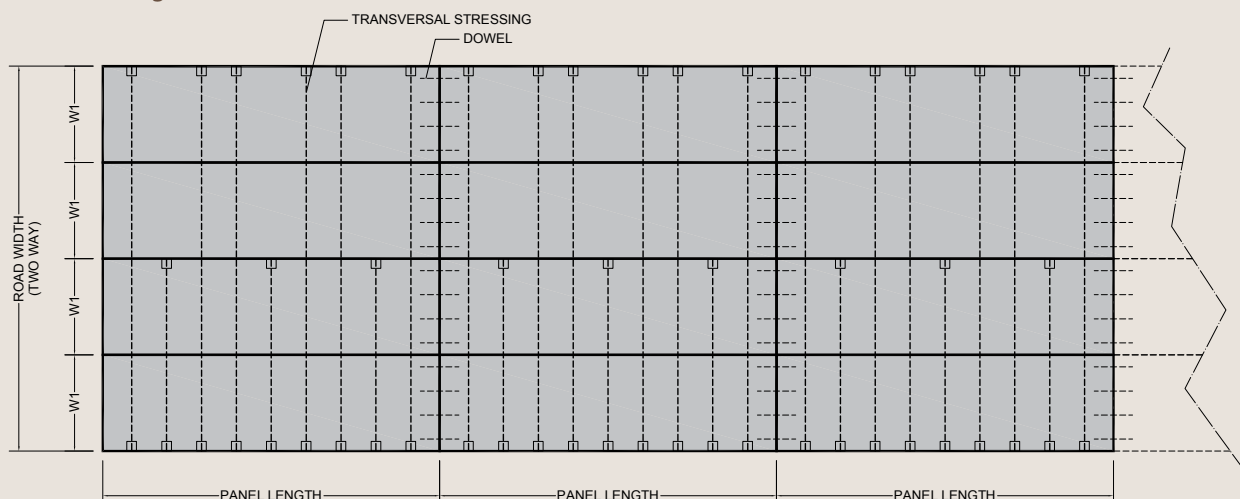


#### Cross Section

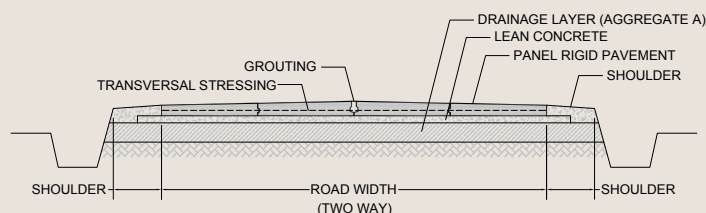


### Longitudinal System

#### Precast Arrangement



#### Cross Section



## PRODUCT APPLICATION





## SERVICES

### - ENGINEERING

In order to respond to the customers' needs Wika Beton is able to provide engineering services to review the design.

The engineering softwares are always updated and the engineers are trained to keep up with the latest softwares.

The engineering services are meant for design review so that the customers will get feed back whether their design is efficient enough.

It is important as some of the products are customized and subject to the required design.

### - DELIVERY

### - INSTALLATION

### - CONSTRUCTION







# HEAD OFFICE, SALES OFFICES, FACTORIES AND SUBSIDIARIES



## HEAD OFFICE

**GEDUNG JW.** Jl. Raya Jatiwaringin  
No. 54, Pondok Gede, Bekasi 17411  
Telp. : (021) 84973363 (Hunting)  
(021) 85905570 (Marketing)  
Fax. : (021) 84973391, 84973392  
Email : wbcc@wika-beton.co.id  
marketing@wika-beton.co.id  
Web. : www.wikabeton.co.id

## SEKRETARIAT PPWB

**GEDUNG JW.** Jl. Raya Jatiwaringin  
No. 54, Pondok Gede, Bekasi 17411  
Telp. : (021) 84973363 (Hunting)  
Fax. : (021) 84973391, 84973392  
Email : pp\_ppwb@wika-beton.co.id

## SALES OFFICES

### WILAYAH PENJUALAN I

Jl. Gunung Krakatau No. 15  
Medan 20239  
Telp. : (061) 6626225, 6627577  
Fax. : (061) 6628076  
Email : wilayah1@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN I (REPRESENTATIF RIAU)

Komplek Perkantoran Grand  
Sudirman Blok D-17,  
Jl. Parit Indah/Datuk Setia Maharaja,  
Pekanbaru 28282  
Telp. : (0761) 849909  
Fax. : (0761) 849909  
Email : riau@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN II

Jl. Bambang Utoyo, Rama Kasih  
Raya No. 957, Palembang 30115  
Telp. : (0711) 712534, 712510  
Fax. : (0711) 720093  
Email : wilayah2@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN II (REPRESENTATIF LAMPUNG)

Jl. Wolter Monginsidi No. 222  
Teluk Betung, Bandar Lampung  
35215  
Telp. : (0721) 482336  
Fax. : (0721) 482336  
Email : lampung@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN III

Jl. Biru Laut X No. 20-21  
Jakarta 13340  
Telp. : (021) 8193024  
Fax. : (021) 8560694  
Email : wilayah3@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN IV

Jl. Teuku Umar No. 21  
Semarang 50234  
Telp. : (024) 8411890, 8318787  
Fax. : (024) 8318135, 8318091  
Email : wilayah4@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN V

Gedung Tamansari Papilio Lantai 5,  
Jl. Ahmad Yani No. 176 - 178  
Surabaya  
Telp. : (031) 99003395, 99003396  
Email : wilayah5@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN V (REPRESENTATIF BALIKPAPAN)

Balikpapan Super Blok/Ewalk  
Blok A No. 1, Jl. Jendral Sudirman,  
Balikpapan 76114  
Telp. : (0542) 877027  
Fax. : (0542) 875927  
Email : kaltim@wika-beton.co.id  
wikabeton\_kaltim@yahoo.com

### WILAYAH PENJUALAN VI

Jl. Kima Raya II Kav. S/4-5-6  
Kawasan Industri Makassar,  
Makassar 90241  
Telp. : (0411) 511761, 4723100  
Fax. : (0411) 511955, 4723166  
Email : wilayah6@wika-beton.co.id

## FACTORIES

### SUMATERA UTARA

Jl. Binjai Km. 15,5 No. 1 Diski  
Deli Serdang 20351  
Telp. : (061) 8821543, 8821111  
Fax. : (061) 8821668  
Email : ppb\_sumut@wika-beton.co.id

### LAMPUNG

Jl. Raya Tegineneng Km. 35  
Desa Bumi Agung, Pesawaran 35363  
Telp. : (0725) 411318  
Fax. : (0725) 7851568  
Email : ppb\_lampung@wika-beton.co.id

### LAMPUNG SELATAN (Proyek Pembangunan)

Jl. Wijaya Karya Beton  
(Jl. Lintas Timur Sumatera Km. 4)  
Dusun Yagaloka, Desa Sumur,  
Kec. Ketapang, Kabupaten  
Lampung Selatan

### BOGOR

Jl. Raya Narogong Km. 26  
Cileungsi, Bogor 16820  
Telp. : 021-8674010  
Fax. : 021-8674018  
Email : ppb\_bogor@wika-beton.co.id

### KARAWANG

Jl. Surya Madya III Kav. I-34  
Kawasan Industri Suryacipta  
Karawang 41361  
Telp. : (021) 89115167  
Fax. : (0267) 8610259  
Email : ppb\_karawang@wika-beton.co.id

### MAJALENGKA

Jl. Raya Barat Burujul Kulon,  
Jatiwangi, Majalengka 45454  
Telp. : (0233) 882575  
Fax. : (0233) 882575  
Email : ppb\_majalengka@wika-beton.co.id

### BOYOLALI

Jl. Raya Boyolali-Solo Km. 4,5  
Mojosongo, Boyolali 57300  
Telp. : (0276) 321138  
Fax. : (0276) 322136  
Email : ppb\_boyalali@wika-beton.co.id

### PASURUAN

Jl. Raya Kejapanan No. 323  
Gempol, Pasuruan 67155  
Telp. : (0343) 851488, 852130,  
853161  
Fax. : (0343) 851480  
Email : ppb\_pasuruan@wika-beton.co.id

### SULAWESI SELATAN

Jl. Kima Raya II Kav. S/4-5-6  
Kawasan Industri Makassar,  
Makassar 90241  
Telp. : (0411) 511764  
Fax. : (0411) 4723206  
Email : ppb\_sulsel@wika-beton.co.id

### CRUSHING PLANT BOGOR

Kampung Cikalong, Desa Mekar  
Jaya, Kecamatan Cigudeg,  
Kabupaten Bogor 16660  
Telp. : (0251) 8680232

## SUBSIDIARIES

### PT WIJAYA KARYA KOMPONEN

**BETON (PT WIKA KOBE)**  
Jl. Surya Madya III, Kav. I-28Q  
Kawasan Industri Suryacipta,  
Karawang 41361  
Telp. : (0267) 8630416-17, 8637597  
Fax. : (0267) 8630349  
Email : marketing@wikakobe.com

### PT WIJAYA KARYA KRAKATAU

**BETON (PT WIKA KRATON)**  
Jl. Australia I, Kav. K2/1,  
Kawasan KIEC Kel. Wanasari,  
Kec. Citangkil, Kota Cilegon

### PT CITRA LAUTAN TEDUH

Jl. Hang Jebat Km. 1, Batu Besar,  
Kota Batam 29432  
Telp. : (0778) 761185, 761186  
Fax. : (0778) 761184



# GRANOR® ELASTOMERIC BEARINGS PADS & STRIP, SERIES BS

Generically referred to as “unreinforced” Bearing Pads or Bearing Strip, they are pressure moulded from a high quality 60 IRHD hardness Natural Rubber compound to AS5100.4.

NATA and NATA MRA Certification on Hardness, Tensile Strength, Compression Set and Ozone resistance is available.

## DESIGN PARAMETERS

The design of Elastomeric Bearing Strip & Bearing Pads is largely empirical. In the determination of the shape factor used in the computation process, a safety factor is incorporated in order to ensure a reasonable correlation between the calculated compressive stiffness value and the actual test value. This is largely an attempt to compensate for variations of compressive stiffness as will be experienced in practice, due to the friction that will occur when different surfaces are in contact with the rubber.

## MATERIAL LENGTHS

Standard segment lengths are 1.85 metre with some sizes also available in 2 metre lengths. By placement “end to end” on the headstock / corbel the support conditions become referred to as “continuous”.

## HOLES

Holes can be provided. Alternatively, many contractors prefer to “match mark” and drill on site.

Specially moulded modules with countersunk or counter-bored holes are also available on special request. These are sometimes used as a means to hold vertically orientated buffer bearing pads in position.

If requiring holes in bearings please clearly dimension these on the project drawings.

## TOLERANCES

Hardness 60 IRHD Duro	+/- 5 Points
Length	+/- 5mm
Width	+/- 3mm
Thickness	+/- 1mm

Standard Thicknesses

Standard thicknesses are – 3, 6, 10, 13, 20, & 25mm.  
Other thicknesses are available but by special order only.

## DESIGN LIFE

Natural rubber elastomeric bearings have a reliable proven design life of at least 100 years with zero maintenance.

## COMPOUND CHARACTERISTICS SERIES “BS” BEARING STRIP & PADS

Specification	Result
Hardness	60 IRHD Duro +/- 5
Elongation	475% min.
Ultimate Tensile Strength	17.0 MPa min
Elastic Modulus (E)	3.8 MPa.
Shear Modulus (G)	0.9 MPa.
Bulk Modulus	2000
Compression Set	30% max.
Ozone resistance	No cracking after 100 hours at 20% strain, 40°C. and 100pphm.
Accelerated aging	Max. permissible change in properties; Hardness + 4, Tensile +/- 10%, Ultimate tensile strain - 15%
QA Certificate	AS5100.4 Type 60H

## FRICTION CO-EFFICIENT VALUES RUBBER AGAINST INTERFACE (INDICATIVE)

Interface	Characteristic friction co-efficient of rubber against nominated $\mu$ (indicative)
Wood floated concrete	0.35
Steel floated concrete	0.30
Concrete cast in situ against elastomer	0.25
Hot-dipped galvanized surfaces	0.08

**GRANOR® ELASTOMERIC BEARINGS PADS & STRIP, SERIES “BS”**

Granor Part Number	Cross Section (mm)	Maximum Working load (kN/m) SLS	Maximum Shear Deformation (mm)	Compressive Stiffness (kN/mm per metre of strip)	Shear Stiffness (kN/mm per metre of strip)	Rotation (Rads.) Maximum #
BS-50-3/. . . *	50 x 3	250	1.5	1278	15.0	0.011
BS-75-3/. . . *	75 x 3	375	1.5	2750	22.5	0.005
BS-100-3/. . . *	100 x 3	500	1.5	4778	30.0	0.003
BS-125-3/. . . *	125 x 3	625	1.5	7361	37.5	0.002
BS-150-3/. . . *	150 x 3	750	1.5	10500	45.0	0.001
BS-50-6/. . . *	50 x 6	200	3	347	7.5	0.036
BS-75-6/. . . *	75 x 6	375	3	750	11.3	0.020
BS-100-6/. . . *	100 x 6	500	3	1278	15.0	0.011
BS-125-6/. . . *	125 x 6	625	3	1944	18.8	0.007
BS-150-6/. . . *	150 x 6	750	3	2750	22.5	0.005
BS-75-10/. . . *	75 x 10	280	5	281	6.8	0.040
BS-100-10/. . . *	100 x 10	500	5	500	9.0	0.030
BS-125-10/. . . *	125 x 10	625	5	750	11.3	0.020
BS-150-10/. . . *	150 x 10	750	5	1050	13.5	0.014
BS-200-10/. . . *	200 x 10	1000	5	1800	18.0	0.008
BS-75-13/. . . *	75 x 13	215	6.5	166	5.2	0.052
BS-100-13/. . . *	100 x 13	385	6.5	296	6.9	0.039
BS-125-13/. . . *	125 x 13	600	6.5	462	8.7	0.031
BS-150-13/. . . *	150 x 13	750	6.5	648	10.4	0.023
BS-200-13/. . . *	200 x 13	1000	6.5	1101	13.8	0.013
BS-100-20/. . . *	100 x 20	250	10	125	4.5	0.060
BS-125-20/. . . *	125 x 20	390	10	195	5.6	0.048
BS-150-20/. . . *	150 x 20	560	10	281	6.8	0.040
BS-200-20/. . . *	200 x 20	1000	10	500	9.0	0.030
BS-250-20/. . . *	250 x 20	1250	10	750	11.3	0.020
BS-100-25/. . . *	100 x 25	200	12.5	80	3.6	0.075
BS-125-25/. . . *	125 x 25	310	12.5	125	4.5	0.060
BS-150-25/. . . *	150 x 25	450	12.5	180	5.4	0.050
BS-200-25/. . . *	200 x 25	800	12.5	320	7.2	0.037
BS-250-25/. . . *	250 x 25	1250	12.5	500	9.0	0.030
BS-300-25/. . . *	300 x 25	1500	12.5	696	10.8	0.021

Properties for bearing pads and strips are derived from AS 5100.4. Design is based on AS.5100.4.

Compressive Stiffness's are indicative only. Refer later notes.

# This is the maximum rotation capacity when bearing strip is under maximum working load.

\* Total length of strip (or pad) required – to be inserted in part number after the forward slash.

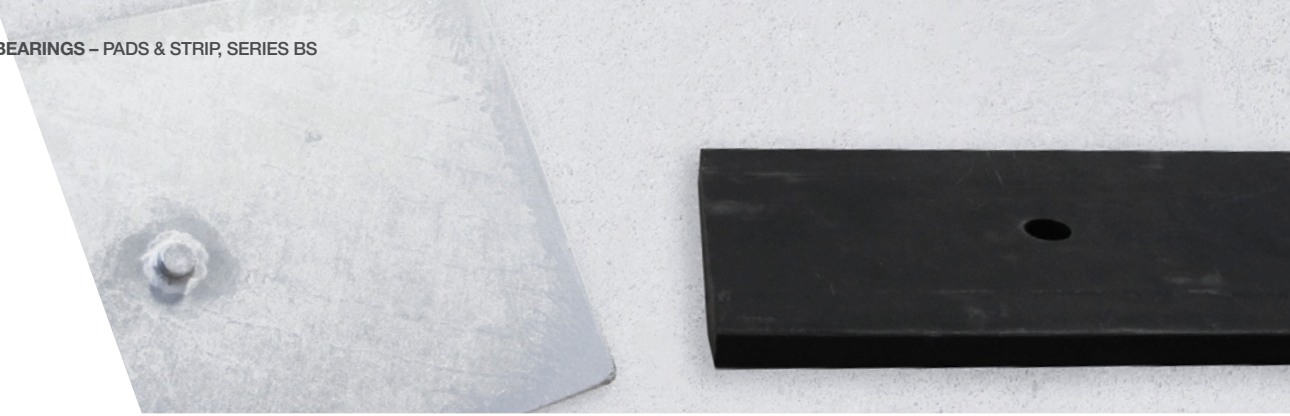
Part No. Examples:

BS-300-25/8000 = 8 metre long run of 300mm wide x 25mm thick elastomeric bearing strip segments placed end to end.

BS-250-20/638 = single elastomeric bearing pad 638mm long x 250mm wide x 20mm thick.

Plan sizes outside of the table dimensions are also in most cases readily available, for example:

BS-400-13/400 = single elastomeric bearing pad 400mm long x 400mm wide x 13mm thick.



## VERTICAL LOADS

Loads shown in table are the maximum recommended working / serviceability loads, at the maximum shear deformation shown. Elastomeric bearings are selected based on serviceability loads rather than ultimate design loads. Elastomeric bearings can tolerate significant overloading during ultimate limit state cases without harm hence this criteria does not govern.

## COMPRESSIVE STIFFNESS

Values shown in table are theoretical calculated values. They are considered as reasonable average values for the determination of rotational capacity. Actual values achieved in service will be influenced by the frictional characteristics of the contact surfaces against which the pad or strip is placed, eg. rough concrete, galvanised steel etc.

The addition of a hole(s) into the pad or strips will cause a significant increase in compressive deflection at the rated load together with a corresponding decrease in load capacity, ie. The strip/pad will be softer, and thus, to keep within the design code for total strains, load carrying capacity is reduced. Consult with AS5100.4 for detailed calculation methods. A factor of 25% reduction would be a reasonable assumption in many cases.

## SHEAR DEFORMATION / MOVEMENT

Shear stiffness values shown are +/- from neutral position. It may be assumed that a strip / pad with dowel pin holes and thus not subject to shear deformation, has a load carrying capacity in order of values shown in table for bearing strip / pad bearing considered.

## ROTATION

Tilting of the load bearing surfaces relative to one another, is referred to as "rotation". The criteria for rotational capacity is that the trailing edge of the pad does not go into tension, ie. No gap, but that it is always under a degree of compression. Rotational capacity listed in the table is that applicable at recommended maximum load.

The relationship LOAD / ROTATIONAL CAPACITY is reasonably linear.

Additionally, constructional errors of the seating and / or camber, hog etc., of beams should be considered in determining the required rotational capacity of the strip / pad.

Whilst with laminated elastomeric bearings it is undesirable to have "lift-off" or loss of full contact due to rotational effects, with plain elastomeric bearings a degree of "lift-off", provided it is minimal, will not damage the product.

## SLIPPAGE

Non reinforced strips / pads will spread when loaded. This is referred to as a "squirming". The type of seating, steel, concrete, wood float / steel trowel finish rough / smooth, dry or wet, will all have an influence on the degree of squirring of the strip / pads under a compressive load. Part recessing of the strip / pad or the use of an adhesive can reduce this problem, but not eliminate it. However, it is recommended that adhesives not be used as if they are used and fail, then the squirring and slippage could get worse. Slippage is the term used to describe the actual displacement of the strip / pad from its initial placement. This can occur at one or both faces. It is also referred to as "walking out" of the strip / pad.

NOTE – Where mechanical devices such as dowel studs are used to restrain the bearing, these devices may limit the depth of the elastomer available to accommodate shear deformation movement.

## INSTALLATION

Non-reinforced strips / pads will spread when loaded. Thus, the support area must be greater than the nominal plan size of the strip / pad. We would recommend a minimum value of 25mm on all edges of the strips / pads, particularly if the structure is steel. If concrete, then the recommendation is 25mm all around. If a mortar pad is used, then minimum thickness is suggested as 10mm together with a 45° chamfer on the mortar pad sides. If the mortar pedestal is greater than 25mm, reinforcement may be necessary. Surfaces should be flat, free from cavities / projections, and preferably rough "wood float finish" in texture.

Use of adhesives is not recommended.

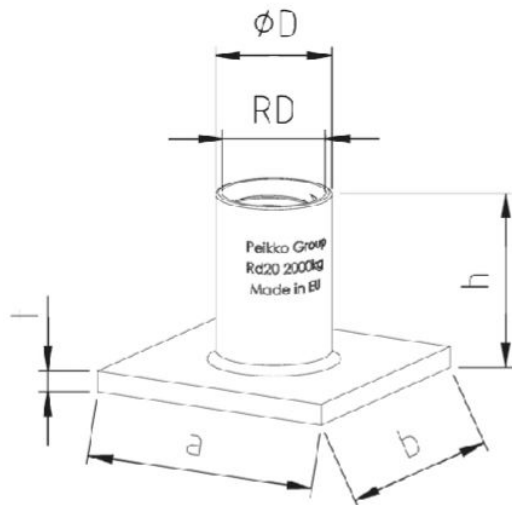
## PROPERTIES OF ELASTOMER

"Temperature Effect" - Within the range of -20°C to +80°C no significant variation in performance will occur.

"Ozone" - Ozone cracking in any elastomer will occur where there are surface tensile forces. If cracking does occur, it is frequently harmless. It is simply relieving the surface tensions and further, deeper, cracking is unlikely.

"Longevity" - Due partly to their small surface area to volume ratio, and in particular the small surface area exposed to the atmosphere during service, plus the location where such strips / pads are used, bearing strips / pads of high quality natural rubber will give an extremely long life - typically longer than the structure.

"Fire Resistance" - Blocks of natural rubber do not burn easily. However, if fire resistance is considered essential, then in order to eliminate softening problems, sheathing with a suitable fire retardant, or insulating material, foam etc, is suggested. Alternatively, design to minimise any settlement if destruction by fire would cause structural problems.



JENKA model	Type	Dimensions					Load Capacity	Fs *
		ØD	h	a	b	t		
	RD			[mm]			[kg]	[kN]
PSA12x30	12	15,0	30	35	25	4	500	5
PSA14x33	14	18,0	33	35	35	4	800	8
PSA16x35	16	21,0	35	50	35	4	1200	12
PSA18x44	18	24,0	44	60	45	5	1600	16
PSA20x47	20	27,0	47	60	60	5	2000	20
PSA24x54	24	31,0	54	80	60	5	2500	25
PSA30x72	30	40,0	72	100	80	6	4000	40
PSA36x84	36	47,0	84	130	100	6	6300	63
PSA42x98	42	54,0	98	130	130	8	8000	80
PSA52x117	52	67,0	117	150	130	10	12500	125

\* Fs= Allowed load force from 0° - 45°

(Note: A load force for a mass of 1 ton demands a force of approximately 10 kN)

## Instructions and manuals

PDF JENKA Lifting System, Technical Manual, 04/2016

PDF JENKA Lifting System, Installation Instructions, 04/2016

This website uses cookies. By using this site you are agreeing to our use of cookies. Review our cookie policy (/privacy-policy/) for more details.

OK



ISO 9001  
Certificate



ISO 14001  
Certificate



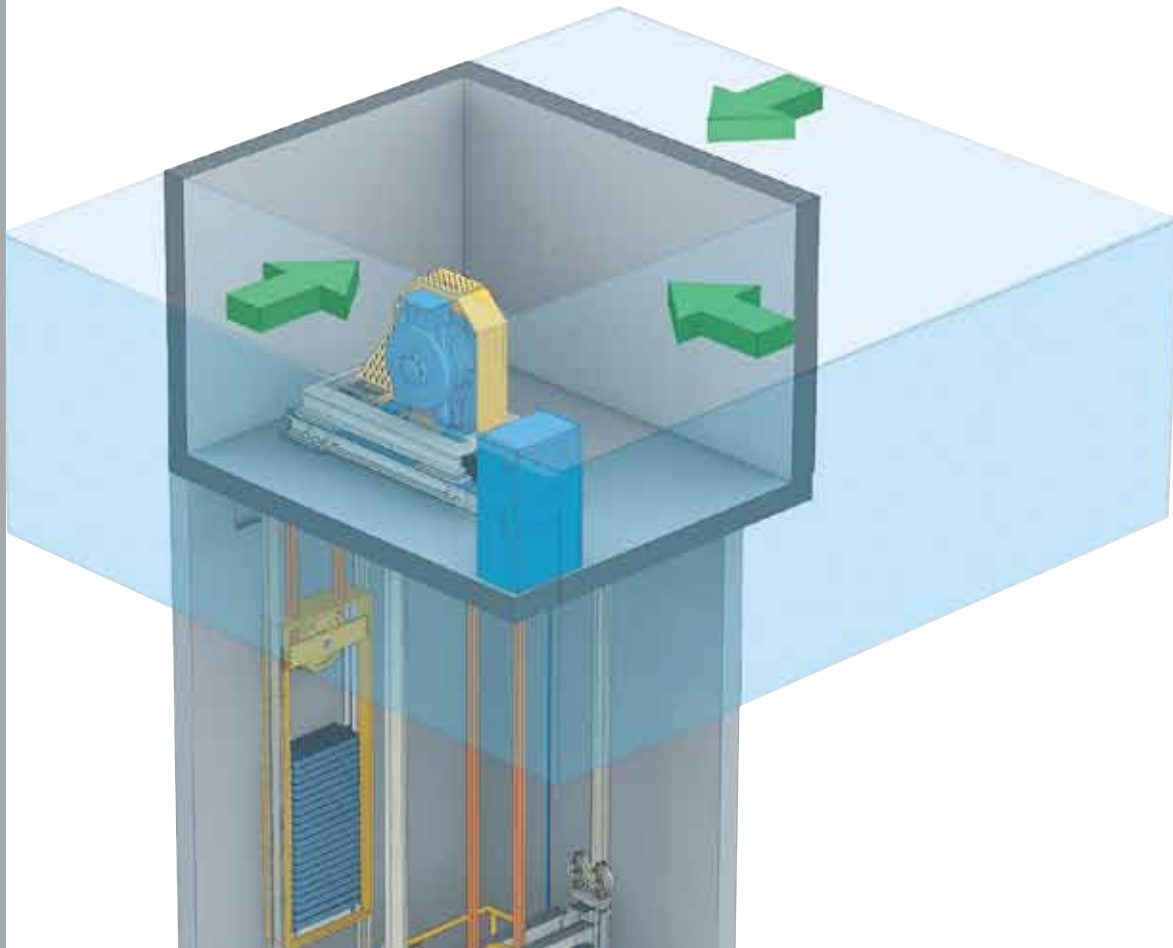
**SIGMA**

Your Elevator Partner  
[www.sigmaelevators.com](http://www.sigmaelevators.com)

SIGMA constantly endeavors to improve products. Please be reminded that information in this catalog is subject to change without prior notice.  
2013.09 Printed in Korea / Revision No. 1

# iris<sup>TM</sup> NV

PM Gearless Elevator



Your Elevator Partner... SIGMA



## **SIGMA** Ride tomorrow, Lift future



### **Korean Engineered Products**

SIGMA products are engineered by highly qualified Korean engineers and ensure customers to receive excellent products with reliable quality.



### **Aesthetics Design Excellence**

SIGMA's Design Center in Korea and China are fully equipped with professionals who follow the most up-to-date aesthetic designs to satisfy customers needs.



### **Global Network**

SIGMA has been with you for more than 45 years serving over 60 Countries.



SIGMA has already exported approximately 100,000 elevators  
**worldwide since year 1978**

● SIGMA SUBS ● DISTRIBUTORS



Khalid Al Attar Tower  
UAE



Al Rames Tower  
Qatar



Darwaza Tower  
Kuwait



Vorobiev Gory  
Russia



Triumph Palace  
Russia



Antey  
Russia



Sheraton Hotel  
Puerto Rico



Baiyoke Tower  
Thailand



Grand Hyatt Hotel  
Indonesia



Emerald Tower  
Kazakhstan



LG Beijing Tower  
China



ASEM Tower  
Korea



Intercontinental Hotel  
Korea



Korea World Trade Center  
Korea



Plaza La Castellana  
Venezuela



Torre Global Bank  
Panama



Ocean Two  
Panama



**iris™ NV**

**PM Gearless Machine & Drives:**  
technologies that deliver a greener future

**IRIS NV enhancing the value of the building...**

IRIS NV maximizing energy savings

IRIS NV enabling environment protections

IRIS NV pursuing space savings

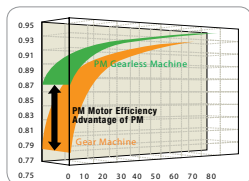
IRIS NV providing ride comfort

IRIS NV ensuring safety & reliability



### Space Saving

Customers may benefit from the 46 percent space smaller size of the IRIS NV PM gearless machine. IRIS NV enables architects to design building structure flexibly and use building space more efficiently.



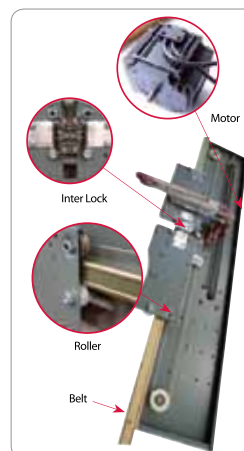
### Energy Saving

By using permanent magnet (PM) synchronous motor, IRIS NV improves motor efficiency. The compact motor design of IRIS NV enables lower initial electricity load and power consumption. It also allows IRIS NV to reduce heat from the motor.



### Ride Comfort

The absence of a gearbox allows the elimination of noise from gear friction. Its coaxial transmission also reduces vibration and noise efficiently. In addition, the VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) controller enables even lower noise and smoother operation of the elevator.



### Smooth and Fast Door Control

The PM synchronous motor, also used for the PM door system of IRIS NV, ensures a higher efficiency in the door operating system.

It helps IRIS NV not only to save energy, but also to show better performance in response time, speed, position control, etc.

# Higher Quality in Your Life PM Gearless Technology

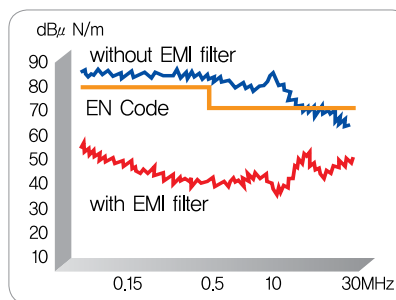
Green Future in Your Life

# Green Technology



## Lubrication Free

The gearless machine, IRIS NV, does not need any lubrication to maintain the machine. The gearless technology helps to save about 1,400 liters of oil through the life-time of the elevator.



<Interference Graph>

## Interference Prevention

The control panel with EMI filter prevents interference for electrical facilities. The effect of EMI filter meets or exceeds the worldwide standards on exposure to electromagnetic radiation.



<Regeneration>

## Regen System (Option)

ReGen drives significantly reduces energy demand and lowers overall building energy costs.

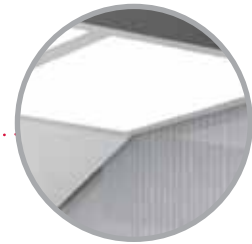
## e\*route (Option)

e\*route enables passengers to reach their destinations up to 55 percent faster, reducing waiting time and avoiding congestion. Moreover, the efficiency in elevator transportation reduces the number of elevators needed, hence it leads to reducing construction cost. e\*route contributes to greener environment as it reduces electrical energy consumption with its high operation efficiency.



# Modern | Elevator Design |

Simple stripe pattern of Tangent is the basic design, preferred by many people



**| C-RS1 |**

One side of ceiling is lifted,  
so the space is increased




**| Front View |**

**| Rear View |**

## Specification

CEILING	C-RS1
COP	CBX-22C
CAR DOOR FINISH	EH1-084
HANDRAIL	HR04-38HL
FLOOR	Decotile

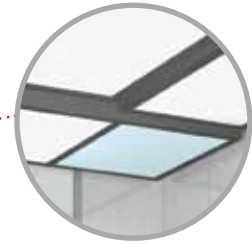
 The actual product can be different (changed) depending on design  
Car wall image can be different (changed) depending on capacity

# Mondrian | Elevator Design |

Mondrian shows the beautiful appearance with its colorful light and quiet pattern of wall



| Front View |



| C-RS2 |

The acryl ceiling in Mondrian look brightens the space and provides the artistic atmosphere



| Rear View |

## Specification

CEILING	C-RS2
COP	CBX-22C
CAR WALL FINISH	EH3-034
HANDRAIL	HR04-38HL
FLOOR	Decotile



The actual product can be different (changed) depending on design  
Car wall image can be different (changed) depending on capacity



# Tangent

| Elevator Design |

The basic design, the car with simple and quiet beige color, harmonizes well with any building design



**| C-NL2 |**

The center of the ceiling is mounted, and the car space looks wider



**| Front View |**

**| Rear View |**

## Specification

CEILING	C-NL2
COP	CBX-22C
CAR WALL FINISH	EH1-086
HANDRAIL	HR04-38POL
FLOOR	Decotile



The actual product can be different (changed) depending on design  
Car wall image can be different (changed) depending on capacity

# Plain | Elevator Design |

Plain provides the comfortable outlook with its pattern of nature



Front View



C-RL2


The air purifier system cleans and deodorizes the air in the car.



Rear View

## Specification

CEILING	C-RL2
COP	CBX-22C
CAR WALL FINISH	EH1-085
HANDRAIL	HR04-38HL
FLOOR	Decotile

 The actual product can be different (changed) depending on design  
Car wall image can be different (changed) depending on capacity

## Entrance Design

### | Ground Floor



<b>JAMB FINISH</b>	J-311 (Stainless Steel Mirror Finish)
<b>DOOR FINISH</b>	Stainless Steel Mirror Etching Finish (EH1-085)
<b>HALL IND</b>	HIX-A162
<b>HALL LANTERN</b>	HLV-C08
<b>HALL BUTTON</b>	HBM-R45

### | Ground Floor



<b>JAMB FINISH</b>	J-311 (Stainless Steel Hairline Finish)
<b>DOOR FINISH</b>	Stainless Steel Hairline Etching Finish (EW2-084)
<b>HALL IND</b>	HIX-A122
<b>HALL LANTERN</b>	HLV-C08
<b>HALL BUTTON</b>	HBM-R45

### | Typical Floors (Option)



<b>JAMB FINISH</b>	J-301 (Stainless Steel Hairline Finish)
<b>DOOR FINISH</b>	Stainless Steel Hairline Etching Finish (EH3-034)
<b>HALL IND &amp; BUTTON</b>	VIX-M652

### | Typical Floors



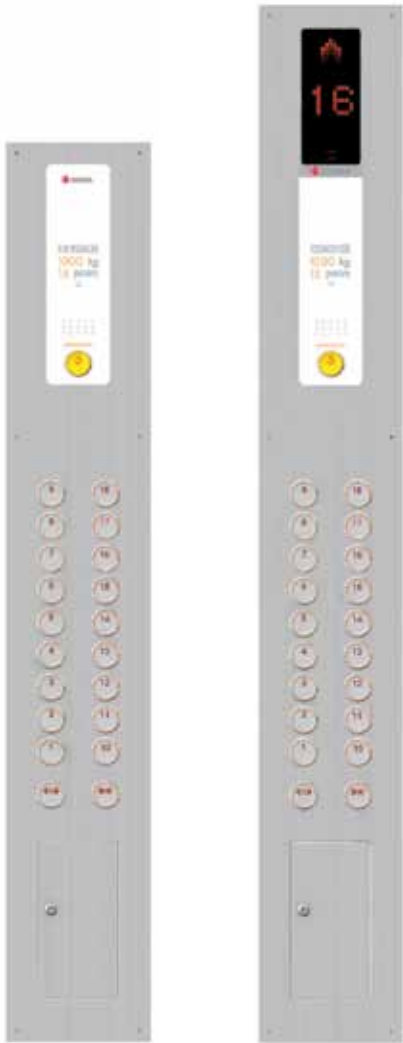
<b>JAMB FINISH</b>	J-101 (Stainless Steel Hairline Finish)
<b>DOOR FINISH</b>	Stainless Steel Hairline
<b>HALL IND &amp; BUTTON</b>	VIX-M652

 The actual product can be different (changed) depending on design



# Car & Landing Fixtures |

| COP



CBM-22

CBX-22C

| Vertical Hall Indicator



VIX-M652



VIX-MA52S

| Handicapped COP



CBM-44SH

| Hall Button



HBM-R45



HBM-RA5S

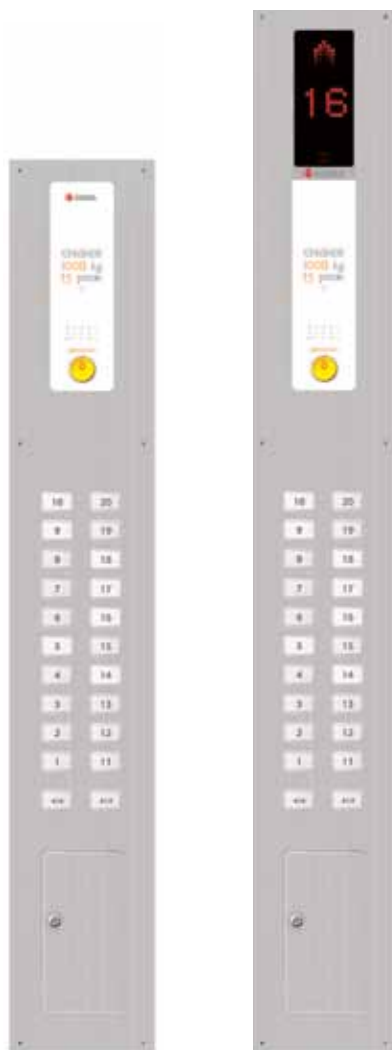


HBM-R65

 The actual product can be different (changed) depending on design

## Car & Landing Fixtures || (Option)

### | COP



CBM-16

CBX-16C

### | Vertical Hall Indicator



VIX-M692

VIX-MA92S

### | Hall Button



HBM-S49

HBM-SA9S

## Car & Landing Fixtures III (Option)

### I COP



CBL-85C



CBT-70C

### I Horizontal Hall Indicator



HIL-C193



HIL-A193

### I Vertical Hall Indicator



VIL-MBB2S

### I Hall Button



HBM-RBBS

### I Handicapped COP



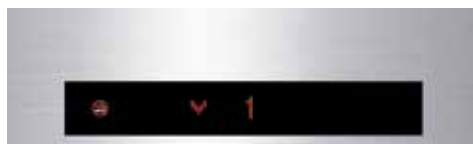
CBM-D1SH

 The actual product can be different (changed) depending on design

## Car Position Indicator



CIX-10



CIX-13

## Horizontal Hall Indicator



HIX-A162



HIX-C162

## Hall Lantern



HLV-C08



HLV-C11



HLV-C48

## Ceiling Designs



C-RS1 (LGP-945)



C-RS2 (LGP-945)



C-NS3



C-VS2



C-NL2 (LGP-945) [Option]



C-RL1 [Option]



(Including Air Purifier)



C-RL2 [Option]



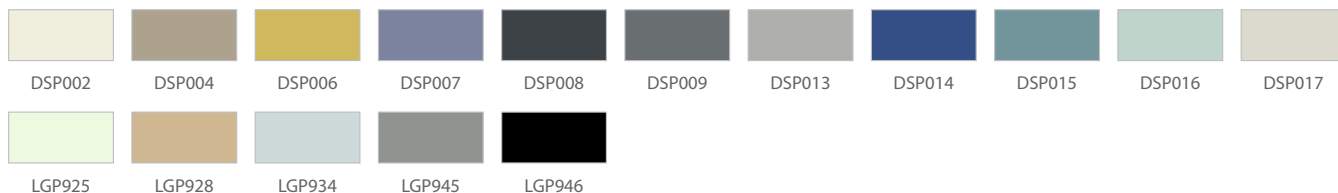
C-LA01 [Option]



C-LN01 [Option]

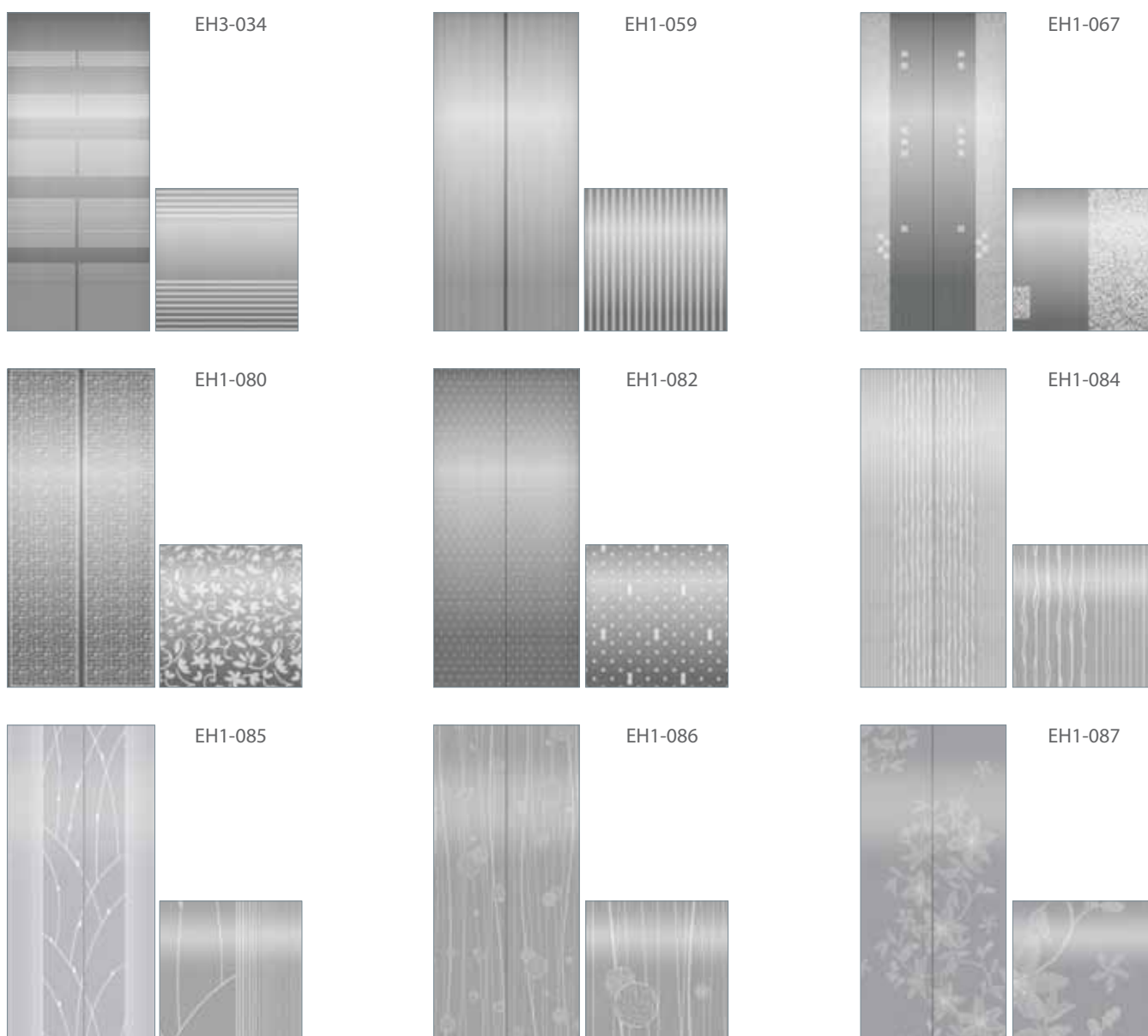
 The actual product can be different (changed) depending on design

## Colors



## Etching Pattern

### STS Etching Pattern

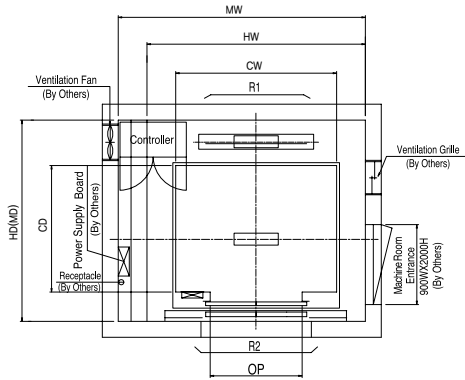


 The actual product can be different (changed) depending on design

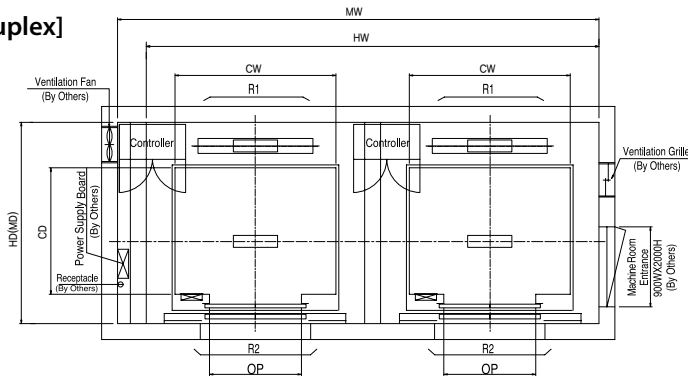
## Technical Data

### I Hoistway & Machine Room Plan

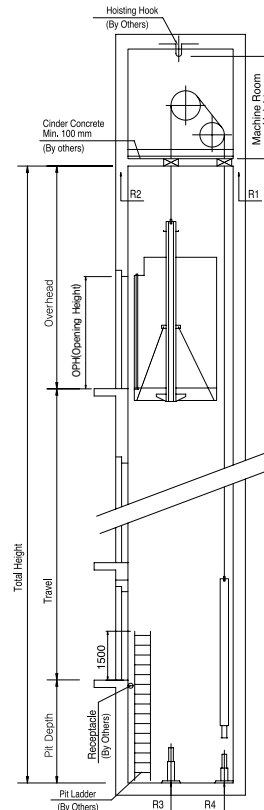
#### [Simplex]



#### [Duplex]



### I Hoistway Section



### I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)
Standard / EN	1	450~1000	Travel≤100	4200	1400	2300	3000
		1350	Travel≤100	4300			4500
		1150/1600	Travel≤80	4300			
	1.5	450~1000	80<Travel≤100	4650	1450		3000
		1350	Travel≤100	4400			4500
		1150/1600	Travel≤80	4400			
	1.75	450~1000	80<Travel≤100	4750	1600		3000
		1350	Travel≤100	4500			4500
		1150/1600	Travel≤80	4500			
MS2021	1	410~1025	Travel≤100	4200	1400	2550	3000
		1365	Travel≤100	4300		2400	4500
		1160/1365	Travel≤80	4300			
	1.5	410~1025	80<Travel≤100	4650	1450	2550	3000
		1365	Travel≤100	4400		2400	4500
		1160/1365	Travel≤80	4400			
	1.75	410~1025	80<Travel≤100	4750	1600	2550	3000
		1365	Travel≤100	4500		2400	4500
		1160/1365	Travel≤80	4500			
Standard / EN	2	800~1600	Travel≤130	5100	1900	2300	4500
	2.5			5300	2200		

## Technical Data

### I Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700



# Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300

## Technical Data

### I Layout Dimensions | Speed : 2.0, 2.5 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
2.0 ~ 2.5	11	750	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11000	7550	12300	9500
	13	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11000	7550	13000	9900
	15	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	15	1000	900	1600	1400	2150	2100	4450	2100	2150	2100	4450	2100	11650	7850	13900	10500
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11600
	20	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11600
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13900	9350	17400	12500
	24	1600	1100	2100	1600	2650	2300	5450	2300	2650	2300	5450	2300	13900	9350	17400	12500
	24	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13900	9350	17400	12500

[EN Code]

2.0 ~ 2.5	10	800	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11000	7550	12300	9500
	12	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11000	7550	13000	9900
	13	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	13	1000	900	1600	1400	2150	2100	4450	2100	2150	2100	4450	2100	11650	7850	13900	10500
	15	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11600
	18	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11600
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13900	9350	17400	12500
	21	1600	1100	2100	1600	2650	2300	5450	2300	2650	2300	5450	2300	13900	9350	17400	12500
	21	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13900	9350	17400	12500

# Technical Data

## I Power Supply Plan [Speed : 1.0 ~ 2.5 m/s]

(220V / 380V)

Speed (m/s)	Capacity		Motor Capacity (kW)	MCCB Capacity of Building(A)		Power Supply Capacity(kVA)		Lead-in Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Earth Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Heat Output (kcal/H)	Starting Power (kVA/set)
	Person	Load(kg)		Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex		
1.0	6	450	4.6	25 / 25	25 / 32	5.3 / 5.3	9.7 / 9.7	10 / 6	16 / 6	10 / 6	16 / 6	675	10.0
	8	550	4.6	25 / 25	25 / 40	5.9 / 5.9	10.8 / 10.8	10 / 6	25 / 6	10 / 6	16 / 6	825	10.0
	9	600	4.6	25 / 25	25 / 50	6.3 / 6.3	11.5 / 11.5	10 / 6	25 / 6	10 / 6	16 / 6	900	10.0
	10	680	5.5	32 / 25	32 / 50	7.3 / 7.3	13.4 / 13.4	16 / 6	35 / 6	16 / 6	16 / 6	1050	16.0
	11	750	5.5	32 / 25	32 / 60	7.7 / 7.7	14.0 / 14.0	16 / 6	35 / 6	16 / 6	16 / 6	1125	16.0
	13	900	6.7	40 / 25	40 / 75	8.9 / 8.9	16.2 / 16.2	25 / 6	50 / 6	16 / 6	25 / 6	1350	16.0
	15	1000	6.7	40 / 25	50 / 75	9.8 / 9.8	17.8 / 17.8	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1500	16.0
	17	1150	7.7	50 / 32	50 / 100	11.1 / 11.1	20.3 / 20.3	25 / 6	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1725	16.0
	20	1350	9.1	60 / 32	75 / 125	13.0 / 13.0	26.0 / 26.0	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2025	16.0
	24	1600	10.8	75 / 40	75 / 125	15.5 / 15.5	31.0 / 31.0	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 10	2400	25.0
1.5	8	550	6.9	32 / 25	32 / 60	9.7 / 9.7	17.7 / 17.7	16 / 6	35 / 10	16 / 6	16 / 6	1238	16.0
	9	600	6.9	32 / 25	40 / 60	10.4 / 10.4	18.9 / 18.9	16 / 6	35 / 10	16 / 6	16 / 6	1350	16.0
	10	680	8.3	40 / 25	40 / 75	11.5 / 11.5	20.9 / 20.9	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1575	16.0
	11	750	8.3	40 / 25	50 / 75	12.0 / 12.0	21.8 / 21.8	25 / 10	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1688	16.0
	13	900	10	50 / 32	50 / 100	13.5 / 13.5	24.6 / 24.6	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2025	16.0
	15	1000	10	60 / 32	60 / 100	14.9 / 14.9	27.1 / 27.1	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2250	16.0
	17	1150	11.6	75 / 40	75 / 120	18.2 / 18.2	33.1 / 33.1	50 / 16	70 / 16	25 / 6	35 / 6	2588	25.0
	20	1350	13.6	100 / 50	100 / 150	21.2 / 21.2	42.4 / 42.4	50 / 16	95 / 25	25 / 6	35 / 10	3038	35.0
	24	1600	16.2	100 / 60	120 / 175	25.3 / 25.3	50.5 / 50.5	50 / 16	95 / 35	25 / 6	35 / 10	3600	35.0
1.75	8	550	8.1	40 / 25	40 / 75	11.7 / 11.7	21.4 / 21.4	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1444	16.0
	9	600	8.1	40 / 25	40 / 75	12.5 / 12.5	22.8 / 22.8	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1575	16.0
	10	680	9.7	50 / 25	50 / 100	13.9 / 13.9	25.2 / 25.2	35 / 6	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1838	16.0
	11	750	9.7	50 / 32	50 / 100	14.5 / 14.5	26.4 / 26.4	35 / 10	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1969	16.0
	13	900	11.7	60 / 32	60 / 100	16.4 / 16.4	29.8 / 29.8	35 / 10	70 / 10	16 / 6	35 / 6	2363	16.0
	15	1000	11.7	75 / 40	75 / 120	18.0 / 18.0	32.7 / 32.7	50 / 10	70 / 16	25 / 6	35 / 6	2625	25.0
	17	1150	13.6	75 / 50	100 / 150	21.0 / 21.0	38.2 / 38.2	50 / 16	100 / 25	25 / 6	50 / 10	3019	35.0
	20	1350	15.9	100 / 50	100 / 175	24.4 / 24.4	48.9 / 48.9	50 / 16	70 / 25	25 / 6	50 / 10	3544	35.0
	24	1600	18.9	125 / 60	120 / 200	29.1 / 29.1	58.3 / 58.3	70 / 16	95 / 35	25 / 6	50 / 10	4200	35.0

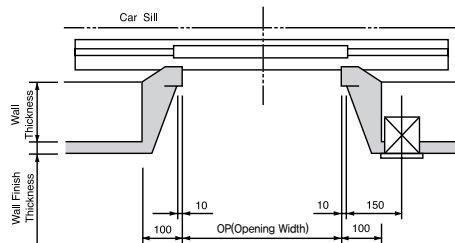
(220V / 380V)

Speed (m/s)	Capacity		Motor Capacity (kW)	MCCB Capacity of Building(A)		Power Supply Capacity(kVA)		Lead-in Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Earth Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Heat Output (kcal/H)	Starting Power (kVA/set)
	Person	Load(kg)		Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex		
2.0	11	750	11	60 / 40	125 / 60	13 / 13.1	24 / 23.8	16 / 10	70 / 25	16 / 6	16 / 10	2250	24.3
	13	900	13.5	75 / 40	125 / 75	15 / 15.4	28 / 28.0	25 / 16	95 / 35	16 / 6	16 / 10	2700	27.7
	15	1000	13.5	75 / 50	150 / 100	17 / 17.1	31 / 31.1	25 / 16	95 / 50	16 / 6	16 / 16	3000	30
	17	1150	16	100 / 50	175 / 100	20 / 19.9	36 / 36.1	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	3450	34.2
	20	1350	18.5	100 / 60	175 / 100	22 / 21.6	39 / 39.3	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	4050	36.1
	24	1600	22	125 / 75	250 / 125	26 / 26.2	48 / 47.6	50 / 25	150 / 70	16 / 10	25 / 25	4800	42.7
2.5	11	750	13.5	75 / 50	150 / 75	16 / 16.2	29 / 29.5	25 / 16	95 / 35	16 / 6	16 / 10	2812.5	31.5
	13	900	17	100 / 50	150 / 100	19 / 19.0	35 / 34.5	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	3375	35.9
	15	1000	17	100 / 60	175 / 100	21 / 21.1	38 / 38.3	35 / 16	150 / 50	16 / 6	16 / 16	3750	39
	17	1150	20	125 / 60	200 / 125	24 / 23.9	44 / 43.6	50 / 16	150 / 70	16 / 6	16 / 25	4312.5	42.8
	20	1350	23	125 / 75	250 / 125	26 / 26.2	48 / 47.8	50 / 25	150 / 70	25 / 10	25 / 25	5062.5	46
	24	1600	27.5	150 / 100	300 / 150	31 / 31.4	57 / 57.2	70 / 25	185 / 70	25 / 10	25 / 25	6000	54.1

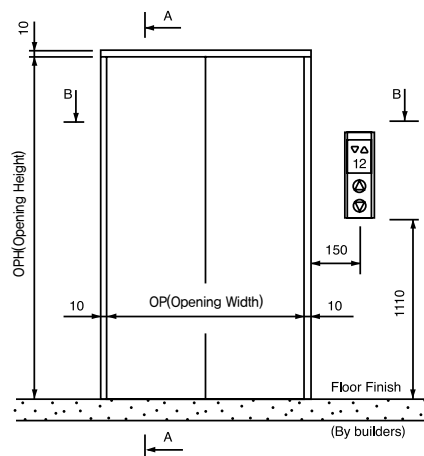
## Technical Data

### Narrow Jamb without Transom Panel

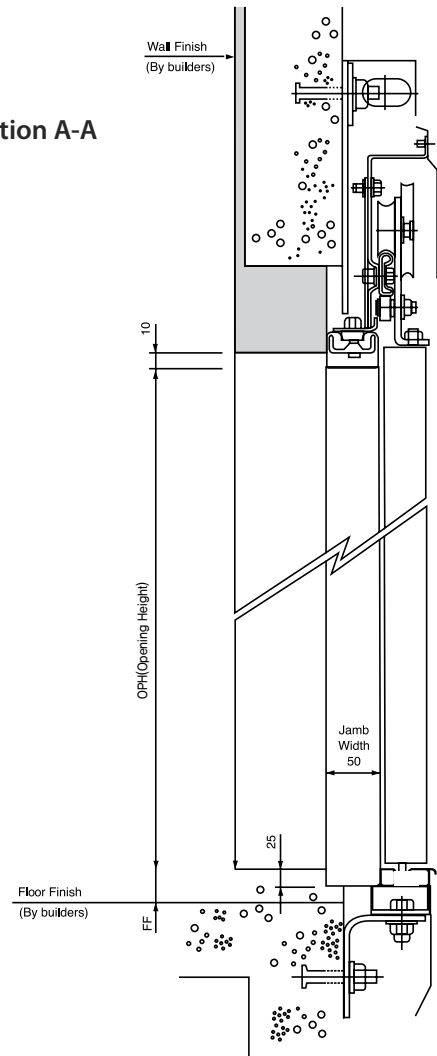
#### Section B-B



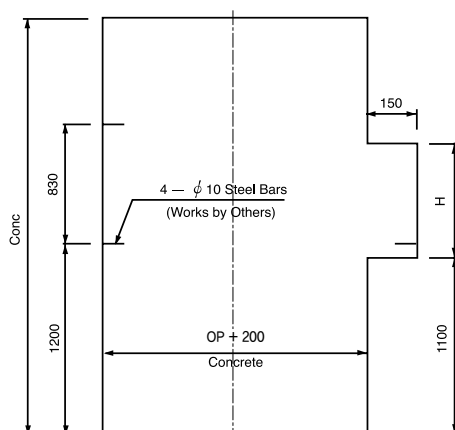
#### Front View of Entrance



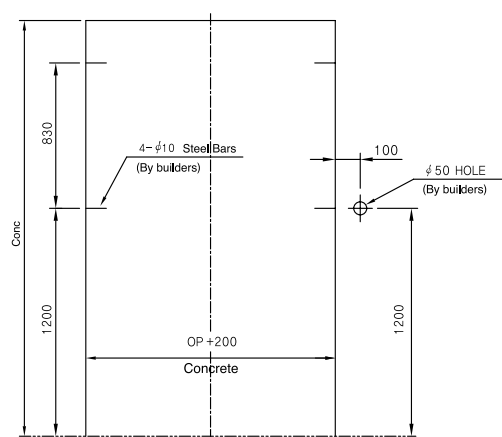
#### Section A-A



#### Building Structure Plan (Normal Button)



#### Building Structure Plan (Slim Type Button)

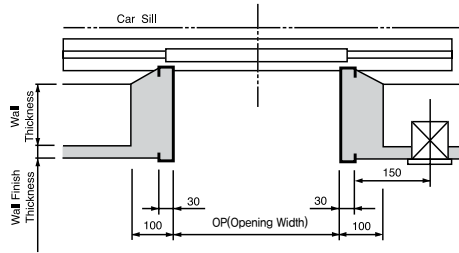


- Note**
1. «H» dimension in building structure plan depends upon the type of hall indicator selected.
  2. Unit : mm

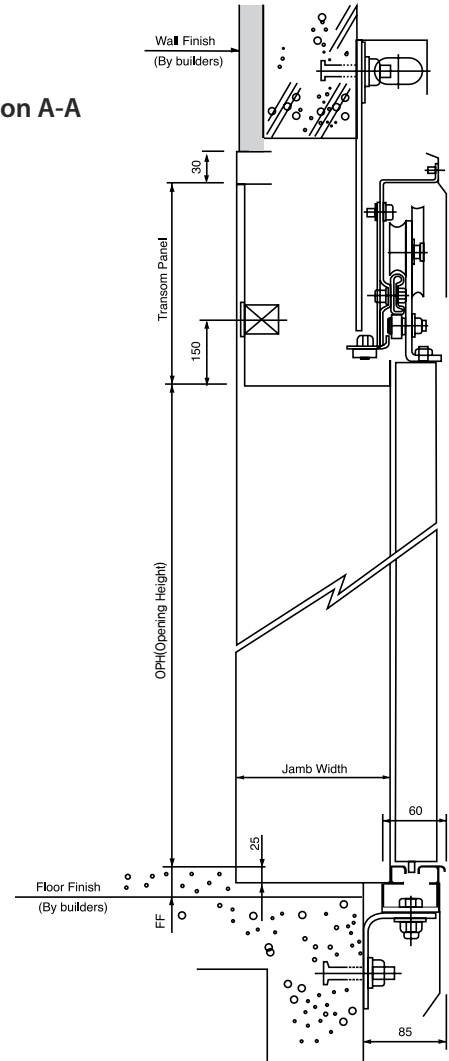
## Technical Data

### S-Type Wide Jamb with Transom Panel

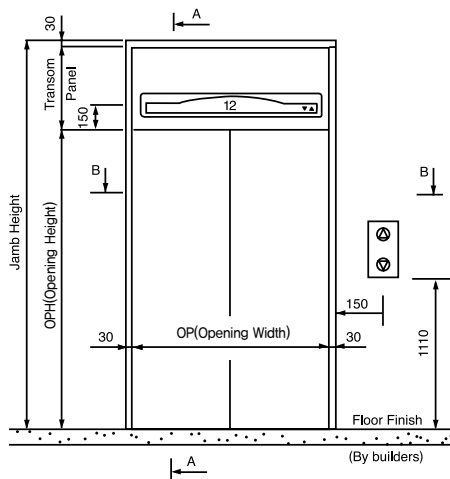
#### | Section B-B



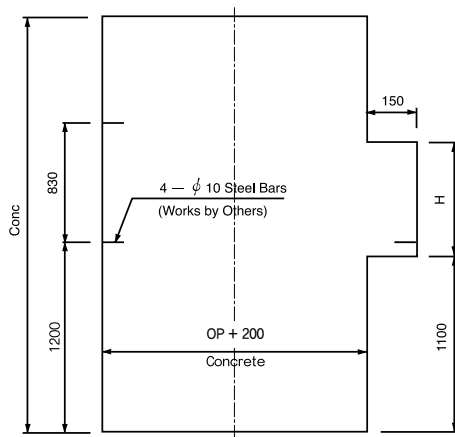
#### | Section A-A



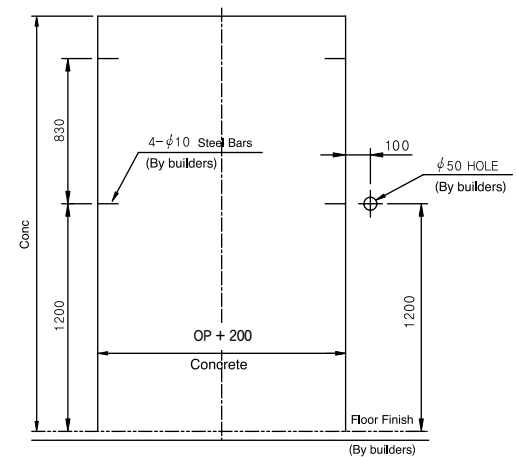
#### | Front View of Entrance



#### | Building Structure Plan (Normal Button)



#### | Building Structure Plan (Slim Type Button)

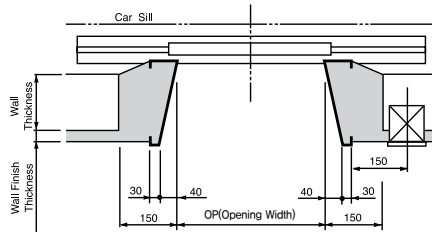


**Note** 1. «H» dimension in building structure plan depends upon the type of hall indicator selected.  
2. Unit : mm

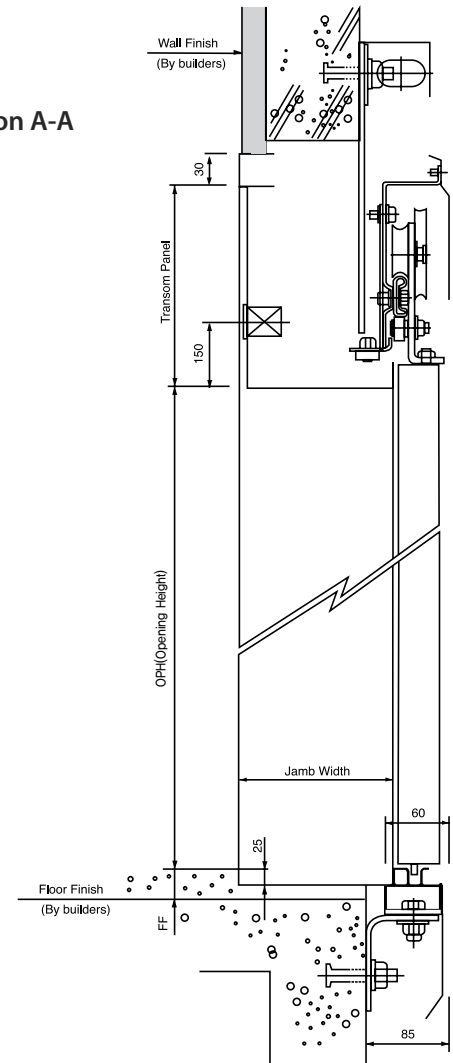
## Technical Data

### T-Type Jamb with Transom Panel

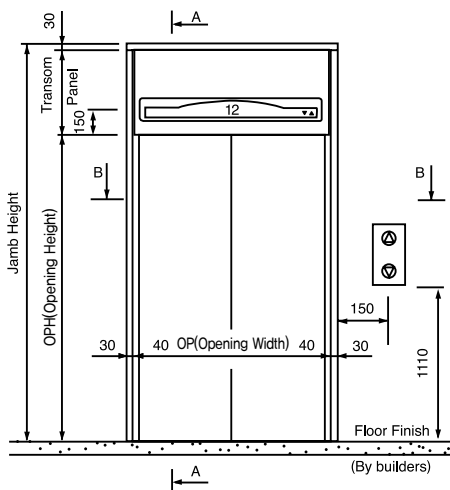
#### Section B-B



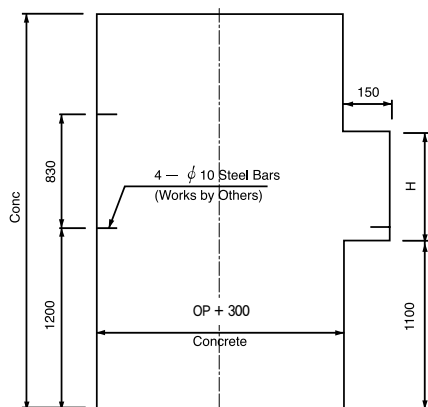
#### Section A-A



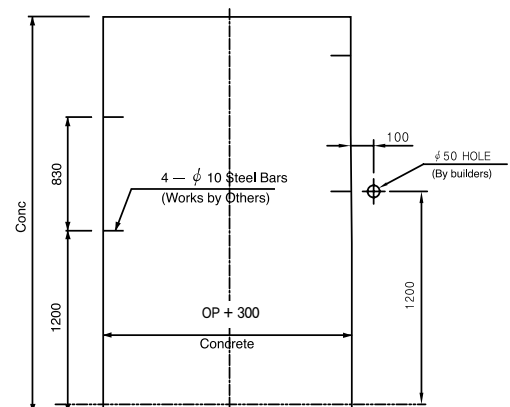
#### Front View of Entrance



#### Building Structure Plan (Normal Button)



#### Building Structure Plan (Slim Type Button)



- Note**
1. «H» dimension in building structure plan depends upon the type of hall indicator selected.
  2. Unit : mm

# Technical Data

## Technical Features

### I Operation Functions

● Standard    ○ Option

Features	Description	
Safety Drive Operation	During normal operation, a malfunction is occurred suddenly but it's not serious, in this case, if the car is not in a door zone, then the car starts to run to the nearest floor, the car remains stop with door fully open and "Out of service" lamp.	●
Detection of Jammed Hall Button and Exclusion From Operation Service	If a hall button is jammed mechanically, the hall call will be automatically bypassed after being served once, until the problem is resolved.	●
Attendant Operation	The operating mode of an elevator can be changed from the normal automatic operation to the attendant service by an attendant switch.	●
Independent Operation	Key switch in the car operating panel will cancel any existing hall calls and hold the door open at the landing position. During independent operation, the car will respond only to respond car calls.	●
Anti- nuisance Operation	In case of substantial difference between the number of calls registered on the car operating panel and actual load in the elevator, the elevator prevents unnecessary operation by canceling all registered calls when it arrives at the nearest floor.	●
Car Call Cancellation	Allows cancellation of an incorrectly registered car call. If you push a wrong floor button in the car, you can cancel it by pressing the same button one more time.	●
Nearest Stop	When the car stops between floors due to mechanical malfunction. It will move to the nearest floor for the emergency escape.	●
Automatic Door Open & Close Time Adjustment	Door open and close are automatically adjusted depending on whether the car is a hall call or a car call to increase the operating efficiency.	●
Car Door Safety Edge	Extending the full height of the car door, this device enables the doors to return to the fully open position, should the door encounter a person or obstacle while closing.	●
Automatic Car Light & Fan Turn-off	Car illumination and fan are turned off automatically in case there is no hall call or car call to save energy.	●
By Pass Operation (80%)	If the actual load comes to more than 80% of the allowable maximum load, the elevator will not react to the calling signals from other passing floors.	●
Over Load (110% of rated load) Holding Stop	When the load of passengers exceeds the maximum capacity, a buzzer sounds and the elevator remains stopped at that floor. When the passengers get off, the buzzer will stop. Consequently elevator doors will close and operation continues.	●
Car Position Display	Car position display in car or hall, operated by car indicator or hall indicator.	●
Over Speed Governor	Located at the top of the hoist way, engages the governor rope, causing activation of the elevator safety device, should the elevator car accelerate beyond the predetermined maximum speed in the "up and down" direction.	●
Emergency Lighting Feature	In case of power failure, the emergency light will turn on and maintain a period of time.	●
Changeable Reference Floor	The reference floor can be changed by the customer.	●
Slow Running when Checking and Repairing	When checking and repairing, the elevator will operate slowly to ensure the worker' safety.	●

# Technical Data

## Technical Features

### I Operation Functions

● Standard ○ Option

Features	Description	
Terminal Limit Switches	Prevent the elevator from traveling beyond a terminal landing, in dependent of the functioning of the operating device.	●
Interphone	Provide emergency communication between passengers in the car, the machine room or building personnel in a security or maintenance room.	●
Car Chime	Arrival signal.	●
Hall Button Jam	When hall button continues to be active long time, a car could be ignore the hall call.	●
ERO&MSK Operation	ERO: Refer to GB7588-2003 14.2.1.4, MSK for SIGMA.	●
Emergency Firemen Service	In case of fire, firemen can use the elevator which is stopped at the specified floor in order to support firemen for fire-fighting.	○
Emergency Fire Return Operation	In case of fire, every car should be returned to the specified floor in order to evacuate passengers to safety.	○
Automatic Rescue Device(ALP)	In case of power failure, when the building has no emergency power supply, the elevator is sent to the nearest floor by DC power of battery to prevent passengers from being trapped in the car.	○
Door Nudging	When the doors remain open for more than the fixed door open time (approx. 20 seconds), this feature closes the doors at reduced closing speed with buzzer sounding.	○
Supervisory Interface and EMS	CRT interface and DOS100 interface is applicable to SI210 controller only.(need I/F board)	○
Earthquake	The earthquake sensor detects whether the earthquakes occur or not. When earthquakes occur, the device forces the elevator to stop at the nearest floor with door fully open, and the elevator can't operate any more.	○
Cancel Hall Chime	To cancel hall Chime in night, in order to keep quiet for people.	○
Voice Synthesizer	MICOM to the elevators on the synthesized speech The ability to automatically broadcast the status information.	○
Hall Call Canceling	This feature is available to simplex operation only. - Allows cancellation of an incorrectly registered hall call. - At landing floor, this operation is not available for door re-opening.	○
Night Noise Restriction	A timer or RTC (Real Time Clock) activates this feature. When RTC reaches designated time, chime and/or gong is deactivated.	○
Auto Changed Basement	The car serves the basement. This may be one or more basement floors. A timer or RTC (Real Time Clock) activates this feature. When RTC reaches designated time, basement floor can be changed automatically.	○
Canceling Group Operation	A car can be separated from two-car group operation by a switch or EMS command and be operated standalone.	○
Wait with Opened Door	A car Wait with Opened Door at basement floors.	○
Through Type	Opened front door and rear Door.	○
Generator Operation	When power off, receive power from generator, and operate according to procedure of Generator.	○
Re-leveling	Adjust leveling between landing sill and Car sill.	○



## BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Juan Howard Wibowo ini dilahirkan di Surabaya pada tanggal 06 Januari 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kr. Petra 10 Surabaya, SMP Kr. Petra 1 Surabaya dan SMA Kr. Petra 1 Surabaya. Lulus dari SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil FTSLK- ITS pada tahun 2014 melalui Program Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Nasiona dan terdaftar dengan NRP 03111440000062.

Di Jurusan Teknik Sipil ini, penulis mengambil bidang studi struktur. Penulis sempat aktif di beberapa organisasi kampus seperti PSM ITS dan KMK ITS. Adapun selama berkuliah, penulis pernah mendapatkan prestasi yaitu juara harapan III Lomba Inovasi Beton Nasional 2015 di UNS Surakarta, dan memenangkan Silver Medal pada kompetisi internasional Bridge Modeling di UTM Johor Bahru Malaysia. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2018 dengan judul Tugas Akhir *“Design Modifikasi Perkantoran One Galaxy Dengan Metode Beton Pracetak dan Sistem Half Slab”*.

Email : Juanhwr0@gmail.com